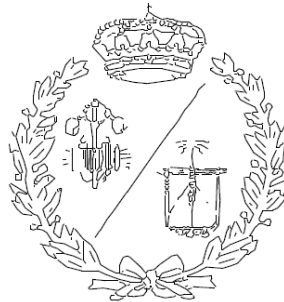


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



Trabajo Fin de Grado

**PROYECTO HABILITACIÓN DE CENTRAL
HIDROELÉCTRICA EN LA FERRERÍA DE
BUSTASUR DE LAS ROZAS DE
VALDEARROYO**

(Hydro Electric Power Plant Habilitation in the Forge
of Bustasur de las Rozas de Valdearroyo)

Para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Autor: Santos Zabala Izaguirre
Septiembre - 2019



· DOCUMENTO 1: MEMORIA	5
· ANEXOS DE LA MEMORIA ·	36
· DOCUMENTO 2: PLANOS ·	164
· DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES.	175
· DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO	192
· BIBLIOGRAFIA	204



ÍNDICE

DOCUMENTO 1: MEMORIA.....	5
1. INTRODUCCION	6
2. ANTECEDENTES	6
3. OBJETO DEL PROYECTO	7
4. ALCANCE DEL PROYECTO	7
5. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO	8
6. NORMATIVA Y REFERENCIA.....	10
7. CONDICIONES DEL DISEÑO	11
8. ANALISIS DE SOLUCIONES.....	14
9. RESULTADOS DE LA MINICENTRAL.....	15
9.1 CIRCUITO HIDRÁULICO	15
9.1.1 Azud	15
9.1.2 Toma	16
9.1.3 Compuerta	16
9.1.4 Cámara de carga	16
9.1.5 Rejilla	17
9.1.5.1 Limpia-rejas.....	18
9.1.6 Materias flotantes	19
9.1.7 Canal de derivación	19
9.1.7.1 Pendiente y sección.	19
9.1.7.2 Geometría del canal.....	20
9.1.8 Válvulas de mariposa.....	21
9.1.9 Inyectores.....	21
9.1.10 Tubos de aspiración	23
9.1.11 Edificio de la central.....	23
9.2 CIRCUITO ELECTRO-MECANICO	24
9.2.1 Turbinas	24
9.2.2 Generador	25
9.2.3 Control auxiliar, información y seguridad	26
9.3 ENGANCHE A RED ELÉCTRICA.....	28
9.3.1 Centro de transformación prefabricado	28



9.3.2 Transformador	30
9.3.3 Batería de condensadores	31
9.3.4 Subestación BT y MT	32
9.3.5 Línea de transporte	33
10. NORMATIVA DE FUNCIONAMIENTO	34
11. GESTIÓN	34



DOCUMENTO 1:

MEMORIA



1. INTRODUCCION

En esta memoria y los anexos que se acompañan, se describen las características relevantes del diseño y propiedades de la instalación hidroeléctrica situada en la antigua Ferrería de Bustasur.

Seguidamente se presentarán los aspectos técnicos, económicos y ambientales del presente proyecto y así como una posible alternativa en caso de que el estudio económico no sea aconsejable la inversión para tal central hidroeléctrica.

2. ANTECEDENTES

Las Ferrerías se utilizaban para insuflar el aire en el interior del horno y para mover los mazos que golpeaban la zamarra, por lo que le necesitaban situarse en las proximidades de una fuente “continua” de agua. Mediante una presa y una derivación conducían el agua hasta el molino donde transformaban la energía hidráulica en mecánica.

La Ferrería de la Pendar en Bustasur, funcionó de manera más o menos continuada desde mediados de los años sesenta del siglo XVIII hasta finales de la centuria siguiente, produciendo alrededor de 120 Tm. de hierro forjado al año. Su construcción se debió a Luis Callantes Velasco, hombre emprendedor y cabeza de una saga de empresarios responsables de la protoindustrialización campurriana, que estuvo muy unido a don Juan Fernández de Isla, el paradigmático y poderoso hombre de negocios montañés impulsor de proyectos tales como el Camino de Castilla o la construcción naval en el Astillero de Guarnizo. Las instalaciones de la ferrería se concibieron bajo un sistema de producción moderno inspirado en la Enciclopedia francesa de Diderot y D’Alambert, especialmente en lo que se reitera a la disposición de las carboneras, que es lo que mejor se conserva del conjunto. El calce, o canal de represa del agua, así como la propia ferrería han sido modificados y rehabilitados con otros usos, cuando cesó la actividad metalúrgica el molino paso al uso local, moliendo los cereales con los que se alimentaba el ganado y también se molían las harinas para hacer pan, actualmente su estado es prácticamente ruinoso. [2.p]



3. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de este proyecto es la habilitación de una central hidroeléctrica rehabilitando el canal e infraestructuras de la antigua en la cuenca del río Ebro a su paso la Ferrería de la Pendaría en Bustasur, en Cantabria. El fin es de habilitar esta minicentral y rentabilizarla comercializando la energía eléctrica de carácter renovable producida volcándola a la red de 12kV próxima a la central proyectada.

4. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del proyecto consiste en dimensionar la minicentral hidráulica a instalar, intentando aprovechar todos los elementos posibles que queden de la ferrería y molino, con el fin de minimizar el impacto visual y ambiental que se producirá y además contribuir a una disminución del coste de la instalación. La solución de la construcción será aproximada, con el fin de otorgar una imagen general del proyecto. Se detallarán las partes del estudio hidrológico para optimizar al máximo el rendimiento de la central y determinar los cálculos eléctricos ya que se cuenta con el embalse del Ebro próximo a la central aguas arriba. A la par, se evaluará el impacto que se puede generar con las obras y siguiente funcionamiento de la central, por descontado que se elaborará el estudio económico necesario para valorar la viabilidad económica.

El gobierno de Cantabria pretende que los niveles de producción de energía eléctrica aumenten, aumentando las de tipo renovable mediante su plan energético 2011-2020.

La principal intención de este plan es que en un futuro se cuente con el 90% de la energía producida en Cantabria sea de carácter renovable, ya que los biocombustibles son los que muestran mayor protagonismo en la política energética de la comunidad.

Lo que se pretende con este proyecto es apoyar el plan de sostenibilidad energética de Cantabria 2011-2020, intentando un aprovechamiento hidráulico en el ayuntamiento de las Rozas de Valdearroyo que más se ajuste a las posibilidades existentes y a una rentabilidad real.

Este proyecto se ve impulsado por el gran desarrollo y falta de recurrir a las energías renovables programado por el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2011-2020.

En este plan se fijan objetivos generales a conseguir una cuota del 20% de energías procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía de la Unión Europea y una cuota del 10% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo de energía en el sector del transporte en cada estado miembro de la UE para el 2020.



Para el cálculo del caudal nominal de la turbina y el caudal mínimo que se debe dejar sin alterar para no causar daños a la fauna y flora del entorno, se han empleado datos del histórico disponible en la Confederación Hidrográfica del Ebro.

Tendremos instalada una minicentral hidráulica de 416 kW de potencia instalada, evacuadas mediante una línea eléctrica de baja tensión que se conectara a la red de la distribuidora Viesgo tras el paso por un centro de transformación elevando la tensión a la de distribución en las inmediaciones de nuestra central dejando en todo momento el caudal ecológico del río de 1,02 m³/s.

Por lo que nos encontramos ante una minicentral hidroeléctrica, ya que según el Real Decreto 2366/1994, del 9 de diciembre, Minicentrales Hidroeléctricas son aquellas centrales con potencia instalada < 10.000 kVA.

5. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO



Ilustración 1: Localización de la Ferrería. Fuente [1]

El proyecto se ubica en la localidad de la Ferrería de la Pendia en el pueblo de Bustasur perteneciente al municipio de las Rozas de Valdearroyo, aprovechando el canal de represa del molino y todas las infraestructuras que puedan ser reutilizadas. La localidad se encuentra en el sur de Cantabria a una altitud de 904m. La razón de elección de esta localización se debe a que nos encontramos ante un río caudaloso de régimen pluvio-nival y nos encontramos aguas arriba a 4,8Km el embalse del Ebro lo que el caudal en las épocas con menos influencia fluvial se mantiene elevado y con una buena comunicación con los dirigentes de esta presa se puede conocer con anterioridad la cantidad de agua que se va a soltar, reduciendo el riesgo de averías y cauces muy elevados.



Además de ser un lugar con características hidráulicas a favor, el ayuntamiento de las Rozas de Valdearroyo tiene como objetivo un plan de mejoras urbanísticas, los cuales se cumplen con el desarrollo de este proyecto; el desarrollo de una unidad de producción energética en el municipio mediante la utilización de recursos existentes en el municipio y con una producción de impacto ambiental leve.



Ilustración 2. Vista aérea de la localización (Fuente: [2])

Esta central utilizará el caudal de abastecimiento mediante el canal ya construido, nos encontramos ante una central de agua fluyente y el cauce tras su aprovechamiento conservará su curso. No se va a retener tal cantidad de agua que anegue las tierras colindantes, por lo que la implantación de esta central no producirá cambios en la regulación del caudal ni al ecosistema del río.

Otro aspecto positivo es que se reutilizara la edificación del antiguo molino y se potenciara la restauración la Ferrería como ya se ha hecho con la ferrería de Cades, mediante la Sociedad Regional Cántabra de Promoción Turística (Cantur), la consejería de Educación, Cultura y Deporte, la consejería de Innovación, Industria, Turismo y Comercio la consejería de Medio Rural, Pesca y Alimentación y con las ayudas del fondo europeo para el mantenimiento del patrimonio cultural y los fondos europeos concedidos a las energías renovables con **750 millones de €** disponibles para proyectos de interés común. [2.q]

El salto neto de la central está condicionado por la altura de la edificación ya que lo que queremos es esto, la reutilización, de donde se puede obtener un salto de **6,30m**



6. NORMATIVA Y REFERENCIA

REGLAMENTOS Y NORMAS

Relativas al proyecto

- Normas UNE. UNE 157001:2014: *Criterios generales para la elaboración de proyectos.*

Relativas a electricidad

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para Baja tensión.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC- LAT 01 a 09.
- Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación.
- Condiciones Técnicas de la Instalación de Autoprodutores, Manual Técnico de Distribución, Iberdrola
- Condiciones Técnicas de la instalación de producción eléctrica conectada a la red de Iberdrola Distribución, Manual Técnico de Distribución, Iberdrola.
- Normativa de Productores en Régimen Especial, Información para solicitud de conexión a la red de Viesgo
- Criterios Generales de Protección de los Sistemas Eléctricos Insulares y Extrapeninsulares, Red Eléctrica de España

Relativas a la subvención

- Real Decreto 9/2013, de 12 de julio, sobre las medidas urgentes adoptadas en vías de garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.



7. CONDICIONES DEL DISEÑO

La finalidad del proyecto es la venta de la electricidad producida y conseguir unos beneficios debidos a esta venta a la compañía distribuidora.

Existen varios tipos de centrales hidráulicas:

- De agua fluyente
- de pie de presa
- de bombeo

En este estudio se procederá a optar por una central de agua fluyente, ya que por sus características es la que mejor se adapta a la utilización.

Uno de los objetos marcados es el de controlar el impacto visual de la central, se respetará la infraestructura y estética de la antigua ferrería además se utilizarán todos los elementos construidos y se contemplará la restauración con el fin de reducir los costes de inversión del proyecto y de aprovecharlo como bien turístico y cultural. Además, con el fin de no inundar los terrenos colindantes ni producir un fuerte impacto con la construcción de una gran presa, la táctica llevada es la acondicionamiento y reutilización del canal existente que nos proporciona la capacidad de carga del río sin producir un gran impacto.

Refiriéndonos al funcionamiento de la central, para determinar el caudal de utilización se procede al estudio de los datos facilitados por la Comisaria de Aguas del Ebro en su estación de control nº 26 de Arroyo toda la información referente a aportaciones y derivaciones para proceder con el estudio estadístico desde el 2004 hasta el 2014, clasificando los años en “muy húmedos”, “normal”, “secos” o “muy seco”.

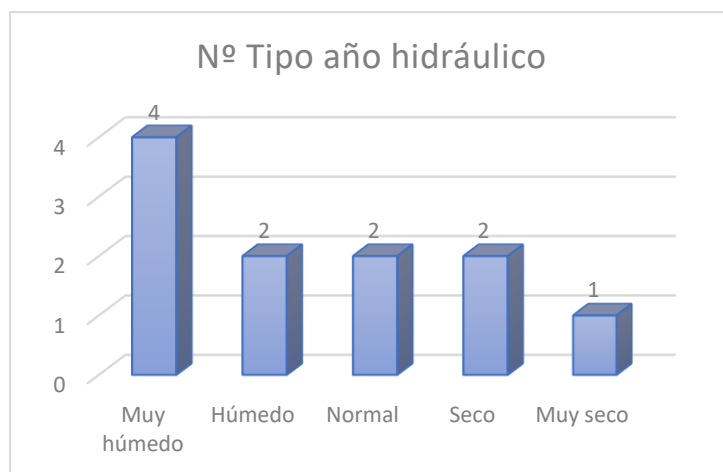


Ilustración 3 Análisis estadístico de la serie hidrológica



Obteniendo un resultado, cuatro años muy húmedos, dos años húmedos, normales y secos y un año muy seco, sorprendentemente con una tendencia ascendente en este periodo. Entendiendo como año hidráulico al periodo que va de octubre hasta septiembre del próximo año. De la media aritmética de estos 11 años obtendremos nuestro “año tipo”.

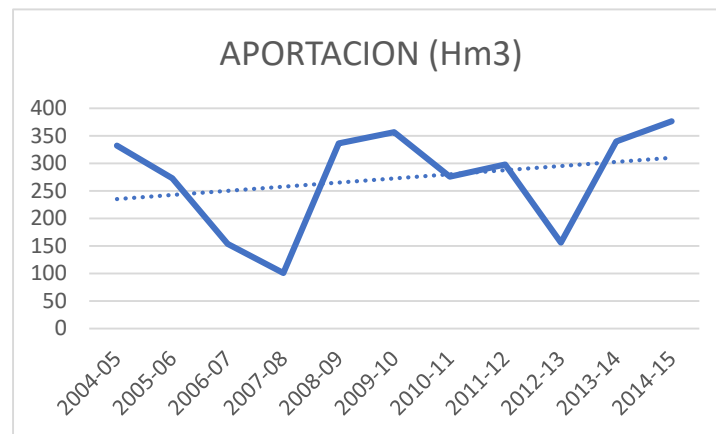


Ilustración: Aportación hidráulica n 4

De este estudio, obtenemos que el caudal idóneo para turbinar es de $8,3 \text{ m}^3/\text{s}$ correspondiendo con el caudal 143 en el año hidráulico tipo. Instalando dos turbinas, una de $5,6 \text{ m}^3/\text{s}$ y otra más pequeña de $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ para aumentar las horas anuales de funcionamiento de nuestra central y así la energía anual producida, maximizando nuestro aprovechamiento con la mínima inversión, ya que disponemos de un caudal abundante.

También debemos considerar que los datos facilitados por la Confederación Hidrográfica del Ebro son medidos en la compuerta de la presa lo que implica que en estas mediciones no se están teniendo en cuenta las aportaciones que recibe el río hasta la llegada a la central. Observando este estudio y la climatología de la zona y el periodo de lluvia, nos garantiza que en los meses de menor aportación de agua proveniente del embalse se compensa con las aportaciones de los arroyos afluentes y laderas del valle, por lo que podemos estimar que el caudal del río aumenta hasta un 11,5% de media en este periodo proporcionando a la central un caudal mínimo de $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ en la situación más adversa. Por lo que según este estudio estadístico tenemos la central turbinando +11,5 % del año. Lo que supondría un aporte de 136MWh/año más de producción energética.

A la hora de determinar el salto de la instalación se ha tomado como referencia la cota mínima que alcanza el río a la entrada de la central y cota del agua después de la aspiración para un caudal de $8,4 \text{ m}^3/\text{s}$, obteniendo un salto neto de 4,5m.

La variación del caudal produce una variación del nivel del agua en función del caudal aspirado que también se produce después de la aspiración, pero no en la misma medida debida a las características del canal de alimentación y desagüe ya construidos. Existe una



pequeña fluctuación de caudal que se va a ignorar al desconocerse. Consideraremos un salto bruto constante de 4,8m.

La realidad es el salto aprovechable es menor al salto real, esto es debido a las pérdidas de carga que nos encontramos en la instalación y de la propia circulación del agua. En cada elemento en contacto con el agua encontramos una pérdida de carga, por lo que habrá hacer un sumatorio de estas pérdidas, que darán su resultado en metros y restarlo al salto bruto.

Las principales perdidas que más tarde calculare se producen en:

- Rejilla
- Entrada de la turbina
- Codos de la tubería
- Tubo de aspiración

En lo que al estudio del equipo seleccionado respecta, se obtuvo que en las turbinas bajaba considerablemente el rendimiento cuando el índice de carga era menor al 85% y prácticamente nulo cuando el índice no alcanzaba el 30%. Por lo que se tomó la medida de instalar dos turbinas con caudales diferentes con relación 2/3 y 1/3 del caudal óptimo.

Llegamos a la conclusión que una perfecta medida es la de la instalación de las dos turbinas previamente dichas, obteniendo una central con estos rangos de trabajo:

- Turbina 1 – 5,6 m³/s: (caudal 160) turbinando el 57,53% del año, a plena carga el 90,48% del tiempo en el que esta turbinando. **217,18 kW**
- Turbina 2 – 2,8 m³/s: (caudal 208) turbinando el 63,29% del año, a plena carga el 82,25% del tiempo en el que esta turbinando. **109,33 kW**
- Obteniendo una energía anual de **1.446.685 kWh.**

Mediante la instalación de azud neumático en la base de nuestro azud, conseguimos un extra de 0,75 metros de altura cuando esté en funcionamiento. Este azud será de tipo Obermeyer y entrara en funcionamiento cuando el caudal del río sea inferior a 25m³/s de forma que aguas arriba no se producirán desbordes ya que agua ocupara el cauce natural.

El azud cuenta con un sistema de regulación y control, de manera que la presión en la vejiga es la precisa en cada momento para que el azud no sufra daños por causa de una sobrepresión, que el caudal del río aguas abajo se mantenga sin sufrir repentinos cambios y asegurando el caudal ecológico en todo momento.



Gracias al aumento de altura que nos proporciona el azud de Obermeyer, el óptimo aprovechamiento del recurso hidráulico para rentabilidad de nuestra instalación se obtiene instalando unas turbinas algo mayores que las mencionadas anteriormente.

Por lo que el caudal comercial de la central pasa ser 9 m³/s con: 6 m³/s y 3 m³/s manteniendo la misma relación de 2/3 entre ellos para que se produzca un solapamiento de funcionamiento, estos son los nuevos rangos de operación.

- Turbina 1 – 6 m³/s: (caudal 152) turbinando el 46,82% del año, a plena carga el 88,89% del tiempo en el que esta turbinando. **276,9 kW**
- Turbina 2 – 3 m³/s: (caudal 186) turbinando el 62,15% del año, a plena carga el 81,94% del tiempo en el que esta turbinando. **142,95 kW**
- Obteniendo una energía anual de: **1.600.261 kWh**

Con la implantación de este sistema neumático obtenemos un aumento de la producción del **10,62%.**

En el estudio hidrológico, se obtiene entre octubre y febrero coincidiendo cuando el pantano cierra su compuerta para cargar el agua del invierno se registran los caudales más bajos, por lo que el mantenimiento de estos meses se “podría” realizar en cualquiera de este periodo. También con una buena comunicación y planificación con Confederación Hidrológica sabiendo la intención de abrir o cerrar el caudal del rio y duración de estas maniobras.

8. ANALISIS DE SOLUCIONES

Con las condiciones de nuestro proyecto fijadas, y tal y como se observa en el punto “3 · *HIDROGRAFIA Y ESTUDIO HIDROLOGICO DEL RECURSO*” se realizó un estudio de las tecnologías disponibles que mejor se pudieran ajustar a los requerimientos de nuestro emplazamiento, siendo elegida la turbina adecuada para saltos hidráulicos pequeños.

Por este motivo, se proyecta una minicentral compuesta por una turbina tipo Banki que supondrá una potencia instalada de 416 kW.

Estamos ante una energía renovable muy conocida, instaurada en los sistemas de producción a lo largo de la historia, obtendremos rendimientos muy altos; cercanos al 90% en la turbina y superiores al 96% en el generador.



9. RESULTADOS DE LA MINICENTRAL

9.1 CIRCUITO HIDRÁULICO

9.1.1 Azud

Se denomina azud a una construcción en el río para detener o desviar parte del cauce del río. Se produce una elevación del nivel que permite la derivación, desbordando por encima si este se supera. Una de las principales funciones del azud es la de reducir las oscilaciones del nivel del agua variando el caudal y reduciendo la velocidad para disminuir erosiones y los cambios de las orillas del río.



Ilustración 5. Estado actual del azud. Fuente [1]

El azud actualmente presenta una rotura en su margen izquierdo por lo que hay que reconstruirlo, con el fin desviar del cauce mediante un canal y además la de la retención parcial del río con una intervención mínima del río aguas abajo. Ya que la entrada a nuestro canal está situada en un sitio verdaderamente estratégico aprovechando la orografía del río, con un tramo de remanso aguas arriba capaz de almacenar una notable cantidad de agua sin anegar ningún terreno colindante y una desviación justo antes de la entrada al canal desviando la corriente principal disminuyendo la posibilidad de que grandes objetos arrastrados por el río obstruyan la instalación.

Características

- La longitud del vertedero debe garantizar del caudal de avenida sin que se produzca una sobreelevación notoria manteniéndose la longitud de 38 m.
- Con una sección trapezoidal y un calado constante en la zona de ubicación del azud de 2,5 m de altura y una anchura de 20 metros.
- En ambos lados habrá escalones sumergidos camuflados con grandes rocas para facilitar la escala y migración de las especies, un impacto ambiental mínimo.

Es muy importante la elección del perfil para que no se produzcan un desgaste irregular y muy agresivo que pueda llegar a destruir la obra. Otro factor de riesgo tenido en cuenta es el de protección de la ribera construyendo unos estribos a cada lado del río a nivel de lámina vertiente en caso de avenida de 200 años.



9.1.2 Toma

Parte existente encargada de captar el agua para derivarla a la central. De este modo, contamos con la entrada en la izquierda del azud de forma que el agua entra al canal por la apertura.

Se debe reforzar las paredes de la toma en instalar los mecanismos actuales de regulación y funcionamiento, compuertas, aliviaderos, rejillas y limpia-rejas. Estas medidas son esenciales para un flujo correcto y limpio, de calidad para la central.

9.1.3 Compuerta

Para tener control sobre la cantidad de agua necesaria para la operación de la central y como elemento de control y seguridad, dispondremos de una compuerta (órgano de cierre) que utilizaremos para secar la entrada de la turbina cuando se necesite pararla y para proteger la instalación ante grandes avenidas.

Características:

- Para evitar la corrosión, será de acero inoxidable.
- Dispondrá de un accionamiento hidráulico y se desplazará por unos perfiles metálicos empotrados y reforzados con hormigón armado ya que cierra un vano de 2,8m de ancho por 1,5 de alto.
- La compuerta debe ser estanca por lo que llevara su respectivo marco con sus juntas de goma.
-

9.1.4 Cámara de carga

La cámara de carga se localiza justo después de la toma.

Su misión es la de permitir el paso de agua desde el régimen de lámina libre hasta el régimen de presión, es decir, el paso entre toma y tubería de presión. El volumen de agua en el canal y la propia cámara sirve para amortiguar las ondas de presión (golpe de ariete) que se origina con el cierre brusco de algún elemento del circuito hidráulico, volviendo de forma rápida a la estabilidad en el propio circuito. Otra labor importante que cumple la cámara de carga es la de ralentizar el agua permitiendo la decantación de las partículas pesadas antes de entrar a nuestro circuito.



Su diseño debe favorecer un aumento de la velocidad del agua hacia la entrada de la tubería forzada, evitando perturbaciones en la superficie, choque y posibles cambios en la dirección. Con todo esto la cámara de carga cuenta con:

- Vertederos para eliminar los excedentes de caudal no turbinados e impedir que el agua anegue la zona de la central o pase por encima.
- Descargador del fondo para poder sacar las partículas depositadas y limpiar el fondo.
- Alimentación de la tubería de presión. En la entrada de la tubería hay una malla que filtra las partículas no deseadas



Ilustración 6. Cámara de carga. Fuente [1]

Características:

La cámara de carga se materializa por medio de una red de la sección del canal, con el consiguiente aumento del calado. Sección por la que se opta aumentar la altura del cajero en 30cm y su ancho medio será de 450 cm-

Nos interesa conocer el calado máximo y mínimo para esto partimos de los caudales mínimos (equivalente al caudal mínimo técnico) y al caudal nominal (caudal máximo que va a ser turbinado). Por lo tanto, el caudal mínimo corresponde con el caudal mínimo técnico de la turbina 2 y el caudal máximo a la suma de los dos caudales nominales.

9.1.5 Rejilla

Elemento de gran importancia que tiene como objetivo en la central hidroeléctrica proteger la turbina impidiendo la entrada de cuerpos extraños arrastrados por la corriente como ramas, latas, plásticos, hojas, troncos y muy importante de hielo en el invierno, que puedan causar serios daños, en sobremedida al rodete de la turbina. Se debe realizar un diseño que reduzca al máximo las pérdidas de carga producidas por este elemento ya que del salto que disponemos es un salto pequeño se debe intentar mantener en todo momento su valor inicial para obtener un aprovechamiento máximo en nuestra instalación. La rejilla será de acero galvanizado (más barato que el inoxidable) y dispondrá de un dispositivo limpia-



rejas accionado mediante un dispositivo electrónico que detecta el desnivel de agua producido por los objetos obstruidos.

$$Q_{\min} = 0,98 \text{ m}^3/\text{s} \quad H_{\min} = 4,09 \text{ m}$$

$$Q_{\max} = 9 \text{ m}^3/\text{s} \quad H_{\max} = 5,60 \text{ m}$$

Características:

- Su fabricación es a base de barrotes rectangulares ya que son mucho más económicos, de 5mm de espesor de barrote y 15mm de ancho con una separación de 25mm. El ángulo de inclinación de la rejilla es de 75°.
- Formada por regiones o “tableros” para facilitar su manejo en la central, unos por unos travesaños de acero para otorgarla rigidez.
- Situada justo antes de la compuerta con unas dimensiones de 3m de alto y 4m de alto
- La rejilla ira instala sobre un perfil metálico en U de modo que actúa como carril para fijarla en su posición e impedir cualquier descolocación de esta.
- Las pérdidas producidas por el paso del agua por las rejillas no deben ser superior a 3-5 cm.
- Debido a que es un elemento imprescindible, pensando en problemas con la acumulación de elementos y/o rotura del dispositivo dispondremos de un recambio para no parar la producción.

9.1.5.1 Limpia-rejas

Es un dispositivo automático, disparado electrónicamente con un rastrillo limpiador que retira los objetos obstruidos en la rejilla. Con estas dimensiones una buena y económica opción en la maquina limpiadora de rejilla a cable.

Los sensores ultrasonidos que lleva el dispositivo que detectan el desnivel a cada lado de la rejilla son los que llevan el funcionamiento completamente automático. Estos sensores ponen en marcha un motor eléctrico, uno a cada lado del rastrillo el cual con dos cremalleras sube y baja de forma sincronizada.



9.1.6 Materias flotantes

Canal para la recepción de las materias flotantes que puedan llevar la corriente y para retirar los residuos del limpia-rejas. El canal dispone de una bomba de lavado que permite la limpieza del canal de desagüe, esta bomba se acciona automáticamente con el accionamiento del limpia-rejas.

9.1.7 Canal de derivación

El canal de derivación no se encuentra en condiciones óptimas para el funcionamiento por lo que tenemos que rehabilitarlo ya que, si no tendríamos pérdidas por todos los lados, procederé a definir la restauración en este apartado.

La rehabilitación consiste en una limpieza del propio canal, desbroce, limpieza y revestimiento con una capa de hormigón y geotextiles las caras de este. Es el elemento que nos lleva el agua desde la cámara de carga hasta ser turbinada en la central. Consta de una sección transversal y pendiente de tal forma que el agua no erosiona las paredes y se traslada con movimiento uniforme.

9.1.7.1 Pendiente y sección.

Vamos a mantener la pendiente del canal con el fin de no perder altura en nuestro salto ya que esto es importante porque nuestro canal es un canal largo y sin demasiada pendiente.

Mediante la diferencia entre las cotas de entrada y salida del canal, y la longitud de este, obtenemos su pendiente.

- Cota de entrada= 806,768m
- Cota de salida= 804,977m
- Longitud del canal= 103m
- Pendiente= 0,01791%

Como acabo de comentar es importante no tener pérdidas de carga, por lo tanto, es importante a la hora de construir las pérdidas por filtración y escape a través de las superficies en contacto, suelos o paredes perforadas, permeables o agrietadas y con fisuras, sean mínimas. Con lo cual, con el canal revestido uniformemente de hormigón y una velocidad uniforme del agua de unos 0,8 m/s no aseguramos que las paredes no se erosionen.



Tendremos una sección mínima, conociendo la velocidad y el caudal, de:

$$Sección = Q/v = 8,4/0,8 = 10,5 \text{ m}^2 \quad \text{Ec. 1}$$

9.1.7.2 Geometría del canal.

El canal tiene una sección rectangular en toda su longitud, geometría primitiva que nos facilita la instalación de la rejilla y de la compuerta. Añadiremos un resguardo de seguridad para evitar posibles desbordamientos el cual tendrá un equivalente a un quito del calado en servicio. Es importante conocer la rugosidad del hormigón y la pendiente calculada con anterioridad.

- Coef. rugosidad hormigón · 0,013
 - Pendiente del canal · 0,01791%
-
- 3 metros de altura
 - 4 metros de base

En una primera aproximación consideraremos 20 cm de espesor de capa de hormigón en el revestimiento.

Tabla 1. Características del canal

<i>Sección</i>	10,5 m²
<i>Caudal</i>	9 m³/s
<i>Velocidad</i>	0,9 m/s
<i>Solera</i>	4 m
<i>Calado</i>	2,7 m
<i>Altura</i>	3,15 m



9.1.8 Válvulas de mariposa.

Instalaremos esta válvula de mariposa como elemento de cierre de seguridad, una válvula para cada turbina, situada en la entrada de la tubería forzada justo antes de la turbina. Se debe elegir el tipo apropiado para trabajar en servicio y en emergencia.

Características:

- Acero inoxidable y fundición
- Diametro de 1400mm y 900mm
- Velocidad máxima del agua 6,5 m/s
- Presion de servicio 10 bares
- Cierre y apertura, automatico y manual
- Tiempo de cierre 8 segundos
- Prueba del cuerop 15 bar – de cierre 12 bar



Ilustración 7. Válvula mariposa. Fuente [1.2]

Operación:

Ante situaciones adversas como grandes riadas, paradas de mantenimiento o cualquier tipo de problema con el suministro hidráulico o eléctrico, es cuando se registran los esfuerzos mecánicos más elevados.

Un servomotor se activará automáticamente cerrando la válvula protegiendo la turbina y la instalación.

9.1.9 Inyectores

El inyector es el elemento que junto con el rotor intervienen en el rendimiento de la turbina. Es el encargado de dirigir el agua hacia la turbina, por lo tanto, el diseño del inyector es sumamente importante ya que nos aseguramos unas bajas perdidas de carga y además tenemos una distribución de velocidades uniforme y obtendremos un rendimiento mayor en nuestra instalación.

Recomiendan que el espesor mínimo de este elemento sea de 6mm, pero el espesor y el diámetro están condicionados por el caudal y salto. Para evitar el óxido y la corrosión y para aumentar la vida de nuestra turbina, lo haremos de acero inoxidable.

Determinaremos el diámetro a partir del caudal de las turbinas, utilizando la gráfica facilitada por el proveedor:

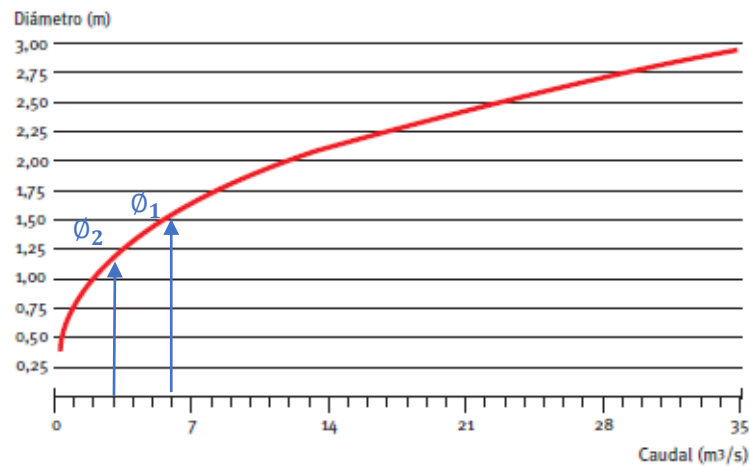


Ilustración 8. Diámetro de la tubería en función del caudal. Fuente [1.3]

Determinaremos el espesor de tubería forzada según el diámetro interior y el salto, con la siguiente gráfica:

Con lo cual, para un salto bruto de 4,5m:

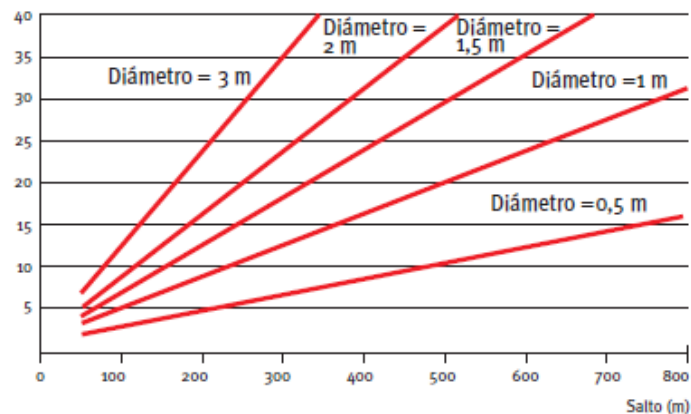


Ilustración 9. Espesor de la tubería en función del salto y el diámetro. Fuente [1.3]

Tabla 2. Tuberías Forzadas

	TURBINA 1	TURBINA 2
CAUDAL	6 m³/s	3 m³/s
DIAMETRO INTERIOR MINIMO	1500 mm	1150 mm
ESPESOR	6 mm	6 mm



9.1.10 Tubos de aspiración

Elemento por donde el agua ya turbinada se dirige los canales de desagüe. Nos permite llevar a cabo un montaje a prueba de crecidas aprovechando todo el salto disponible, creando una depresión en zona del rodete, por esto la carcasa debe ser hermética para que mantenga la depresión.

Estos tubos también serán de acero inoxidable y con un diámetro igual que la tubería forzada. Para que no se produzcan desperfectos en la salida del tubo, se hormigonara el fondo del canal.

9.1.11 Edificio de la central

Respecto al edificio de la central, la estrategia es rehabilitar las edificaciones del antiguo molino y central respetando la estética de la zona y dejando el interior de acuerdo con nuestras necesidades de operación, tendremos una sala de máquinas y un espacio pensado para visitas, donde se explicará la historia de la localización y de la energía hidráulica-eléctrica, pensando también la restauración del patrimonio de la zona.

Reduciremos el impacto ambiental al utilizar el antiguo molino como edificio principal, donde se encontrarán los elementos electromecánicos como las turbinas, los generadores y el transformador y la zona de control que se compone principalmente de: los armarios de contadores, los cuadros de telemando de la compuerta y los reguladores de caudal. En la parte superior se alojará la zona de las visitas de manera que se pueda ver en su totalidad la instalación por dentro y por fuera.

Debo mencionar también la importancia de dotar al edificio con puente grúa en la sala de máquinas para realizar las distintas labores de puesta en marcha, mantenimiento, averías...

Es muy importante realizar una buena rehabilitación del molino, ya que debe proteger los elementos más caros, importantes y peligrosos de la instalación. Es por esto por lo que las paredes del molino se sustraerán y se procederá a una reconstrucción con hormigón armado revestido con la piedra sustraída. El tejado se reconstruirá de nuevo respetando la técnica local, con teja árabe.



9.2 CIRCUITO ELECTRO-MECANICO

9.2.1 Turbinas

Una vez establecidos los parámetros característicos de nuestra instalación y el emplazamiento para escoger de las turbinas los caudales de diseño estas serán de 6 y 3 m³/s y un salto neto de unos 4,5 metros nos lleva a tener dos turbinas con potencia de:

Turbina 1 [6m ³ /s]	Turbina 2 [3m ³ /s]
279,90 kW	142,95 kW

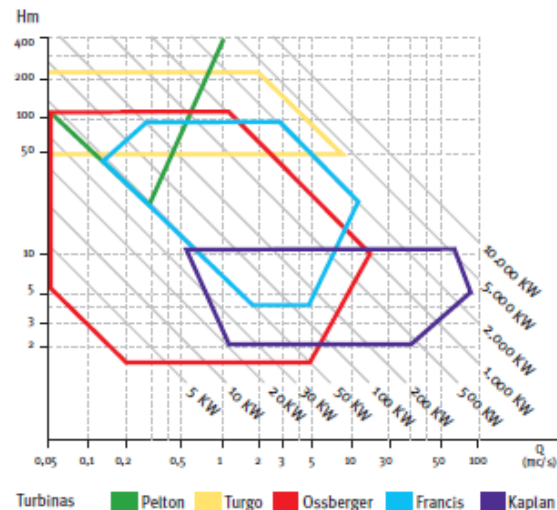


Ilustración 10. Rangos de funcionamiento de las turbinas.
Fuente [1.3]

Descripción de la turbina

Vamos a instalar dos turbinas Banki, nos hemos decantado por este tipo por su sencillo diseño y su facilidad constructiva, lo que conlleva a una turbina económica y de asequible mantenimiento tanto por su parte técnica como económica. Principales ventajas

- Amplio rango de giro que acepta gran variedad de velocidades.
- El tamaño no depende del caudal (diámetro).
- Rendimiento muy bueno en función del tamaño.
- Es regulable, se puede jugar con el caudal y la potencia con un alabe móvil.

Este tipo de turbina tiene como elementos principales el inyector y el rotor. El rotor está compuesto por dos discos donde se alojan los alabes de la turbina. El inyector se encuentra justo después de la tubería forzada y es el elemento que da el paso de sección rectangular a circular y dirige el agua al rotor con un ángulo establecido según el caudal para absorber al máximo la energía del agua.



Esta turbina aprovecha la energía del agua en dos fases, ya que el agua pasa dos veces por sus alabes, la primera fase se transforma en torno al 70% de la energía y en la segunda la energía que queda.

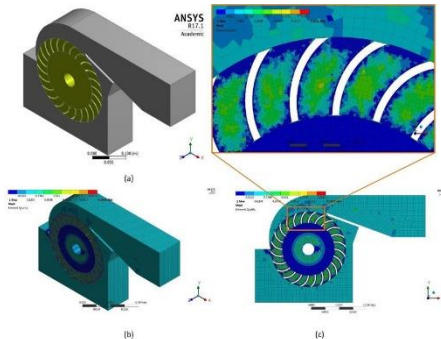


Ilustración 11. Flujo crossflow Michael-Banki.
Fuente [1.5]

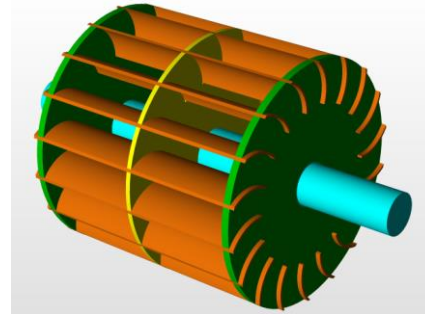


Ilustración 12. Rodete Michael-Banki. Fuente[1.6]

Propiedades

Instalaremos dos turbinas, las cuales la turbina 1 contara con 3 discos y la turbina 2 con 1 disco de separación. Las dos turbinas tendrán el mismo diámetro ya que la velocidad va en función del diámetro de la turbina y así instalaremos las mismas cajas multiplicadoras.

La velocidad de las turbinas será de 282 rpm y contarán con un diámetro de 300mm, teniendo un ancho de 4980mm y 1990mm respectivamente.

La idea principal era desarrollar la turbina para que el acople al generador fuera directo, pero los datos obtenidos para esa opción no fueron los óptimos en cuanto a diámetro (muy pequeño) y longitud de la turbina (muy larga).

Esta decisión se basa principal mente en adaptar la velocidad de la turbina con la caja multiplicadora a la velocidad de sincronismo del generador de manera que este sea económicamente factible, ya que una velocidad de sincronismo baja con un acople directo conlleva un generador con muchos polos, de mayor diámetro y de mayor coste.

9.2.2 Generador

Instalaremos dos alternadores trifásicos síncronos, uno para cada turbina, que, aunque sean más caros que los asíncronos nos proporcionan un perfecto control sobre la tensión y sobre la energía reactiva que verteremos a la red. El rotor girara a la velocidad de sincronismo produciendo un campo magnético constante y reduciendo las perdidas en el hierro, es el estator el que recibe el campo magnético variable por lo que debe ser fabricado por chapas magnéticas.



En generadores hydro, es muy común que el método constructivo de los rotores sea de polos salientes, en referencia a nuestras características de velocidad de sincronismo de 750 rpm tendremos un rotor con 8 polos, 4 pares de polos.

El sistema de excitación de los rotores para que estos creen el campo magnético será de tipo BRUSHLESS (sin escobillas) y así eliminamos el mantenimiento y suciedad que acarrearán las escobillas. Además, los generadores contarán con un sistema automático de regulación (AVR) que regula automáticamente la tensión que se le aplica al rotor según la potencia que se inyecte desde la turbina.



*Ilustración 13. Generador Hydro horizontal Gamesa Electric.
Fuente [1.4]*

Propiedades

Instalaremos dos generadores de GAMESA ELECTRIC fabricados en Reinos, echo que nos facilitará y abaratará el transporte y mantenimiento. Tendrán una potencia nominal de 300 kW y 155 kW con una tensión de 400V, 7 polos y 750rpm como velocidad de sincronismo. Explicado con sumo detalle en “Anexo de la Memoria , 10 · Generador.”

9.2.3 Control auxiliar, información y seguridad

Contando con todos los avances en conectividad, seguridad y control, aspectos que nos influyen directamente en la producción. Instalaremos un panel de control y distribución en la sala de máquinas, pero además dispondremos de un sistema SCADA conectado a la red que nos permitirá la conexión vía remoto y regular la producción en todo momento. Estos dispositivos también contarán con el control sobre la turbina, la compuerta y los elementos de seguridad.

Contaremos también con un sistema de accionamiento de las válvulas mariposa y los frenos, cuatro motores eléctricos, dos trifásicos para la válvula mariposa y otros dos para los frenos. Añadiendo también un sistema de video cámaras podremos ver y actuar sobre los elementos más importantes y con más peligro de la central.

Por último y no menos importante instalaremos un freno de emergencia con dos actuadores diferentes, uno en las inmediaciones de la maquinaria y otro en la entrada al edificio de la central.



Iluminación

La instalación contara con un perfecto alumbrado, manteniendo en el interior una iluminación de 150 lux manteniéndose una uniforme iluminación en el interior y con un sistema de luces de emergencia señalizando en todo momento la salida más cercana al exterior.

Lámparas.....Fluorescente 8W

Flujo luminoso..... 310 lúmenes.

Grado de protección..... IP 663.

En el exterior de la central se instalarán focos proyectores led que alumbrarán la fachada, los jardines de los alrededores, los caminos, el canal de derivación y la compuerta del azud.

Proyectores.....100W y 30W.

Flujo luminoso.....7500 y 2250.

La instalación eléctrica de este proyecto no es de gran potencia y se llevara a cabo según indica INDALUX, pero considero que este apartado queda fuera del tema principal del proyecto.

Ventilación

Nuestro edificio tiene contacto directo con el exterior, además es un espacio diáfano en medio de la naturaleza rodeado de arboleda, por lo que la refrigeración será natural con ventanas a diferentes alturas para forzar la circulación del aire.

Sistema antincendios

A causa de no tener una gran potencia instalada en la central, no será necesario disponer una instalación general destinada a la extinción de incendios, nos servirá con la colocación de extintores en lugares de fácil acceso y estratégicamente distribuidos por el interior de la planta.

Se colocarán tres extintores debidamente señalizados en toda la instalación, uno en la entrada, otro en el panel de control y otro en la sala máquina, respetando la normativa ya que no hay más de 15 metros lineales entre ellos y cualquier punto del edificio.

Los extintores serán de tipo CO₂ y deberán pasar su correspondiente revisión periódicamente por una empresa certificada de manera que siempre estén en perfectas condiciones de uso.



Seguridad y salud

La central hidroeléctrica debe cumplir con las siguientes prescripciones:

- Hay que poner la señal triangular de riesgo eléctrico en todas las puertas y pantallas de protección como indica Real Decreto 485/1997 de 14 de abril.
- Se debe colocar en un sitio bien adecuado y con buena visibilidad un cartel con las instrucciones de primeros auxilios en caso de que ocurriera un accidente explicará el procedimiento para realizar una correcta reanimación cardiopulmonar. Tamaño mínimo: A3.
- En cada aparato se podrá encontrar las instrucciones para un apropiado uso y manejo.
- Respecto a los Equipos de Protección Individual (EPI) será necesario llevar calzado de seguridad que además garantice un aislante mínimo, guantes, protectores del arco eléctrico. Respecto a la maniobra en tensión como la manipulación de fusibles, aparatos, etc. Deben estar homologados. [2.d]

9.3 ENGANCHE A RED ELÉCTRICA

9.3.1 Centro de transformación prefabricado

Finalidad

Para proteger al transformador y a todo el equipo de media tensión que necesitamos para dar salida y distribuir la electricidad producida, se instala un CT prefabricado que está diseñado para esta función y acoge todos los dispositivos.

Además, colocaremos una reactancia limitadora de cortocircuito, con varias conexiones en paralelo de manera que las protecciones valgan, aunque aumente el número de grupos. La intensidad de cortocircuito aumenta cada vez que se aumenta el número de generados en paralelo. La protección esta calcula como si tuviésemos infinitos generados acoplados en esta disposición.

Características

El CT elegido debe cumplir con estos requerimientos:

- Debe asegurar un grado de protección IP 54 como mínimo con todas las juntas entre las paredes y el tejado selladas apropiadamente para evitar el filtrado de agua.



- Las rejillas de ventilación necesarias para la refrigeración del CT deberán de estar colocadas de tal forma que evite la entrada de agua, estarán colocadas en la puerta.
- Adaptaran la estética de la instalación para minimizar el impacto visual.
- Toda puerta, rejilla y elemento metálico deberá estar puesto a tierra y deberá contar con una protección contra la oxidación.

Asumiendo y cumpliendo estos requisitos nos hemos decantado por este CT, “EP-OT 3700x2300x2500 VN 1PP” de la empresa PREPHOR.

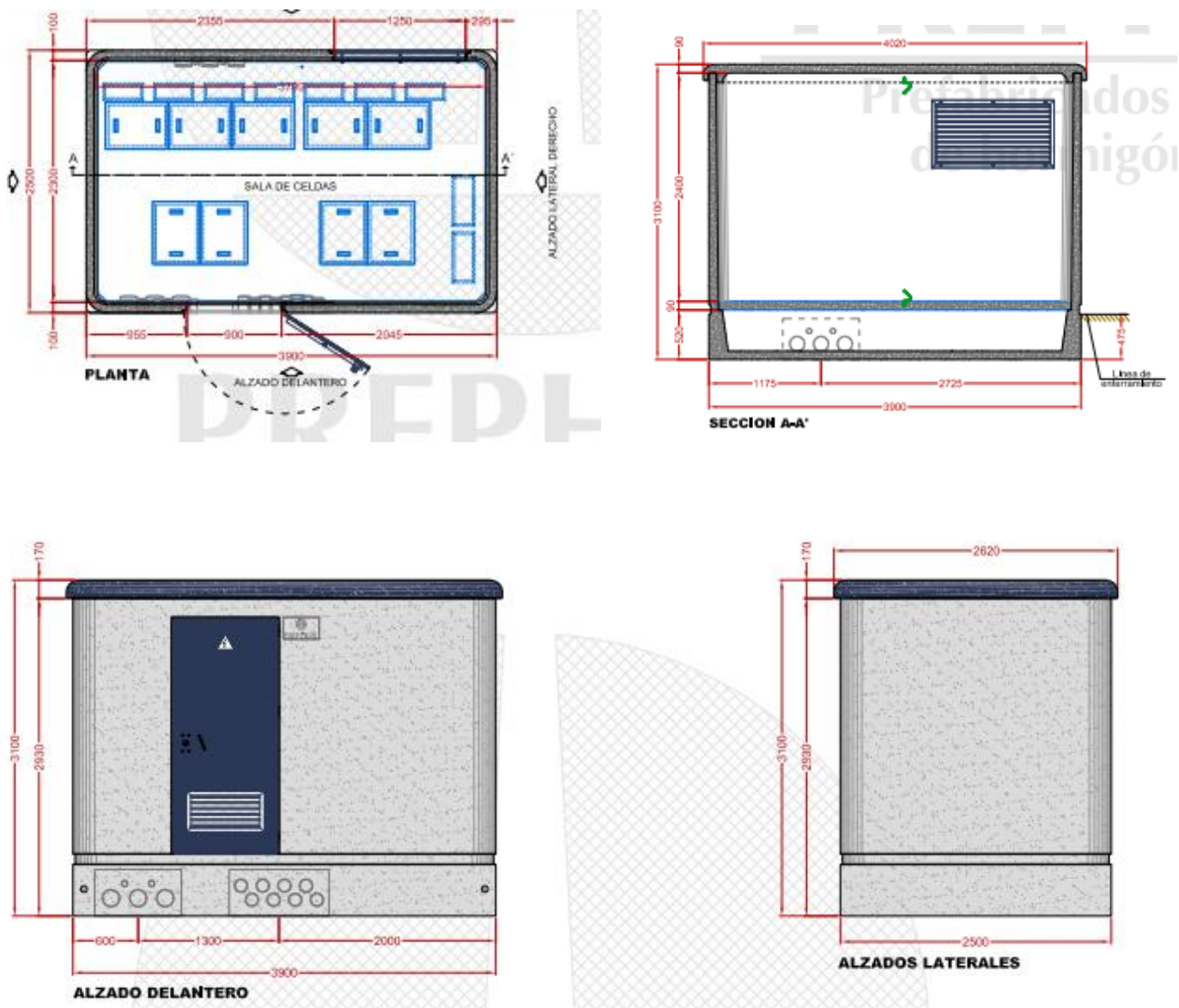


Ilustración 14. Centro de transformación prefabricado. Fuente [1.7]



Longitud Total (mm)	3.900
Anchura Total (mm)	2.500
Altura Total (mm)	3.100
Longitud Interior (mm)	3.700
Anchura Interior (mm)	2.200
Altura Interior (mm)	2.400
Peso en vacío (tn)	13,1

9.3.2 Transformador

En este entorno húmedo y sobre todo en invierno con las heladas y nevadas, se ha decidido escoger un transformador trifásico seco encapsulado al vacío. Estos transformadores están diseñados a prueba de humedad y trabajan perfectamente en este tipo de ambiente. No necesitan mantenimiento alguno puesto no llevan aceite y tiene una vida útil más longeva que el resto y evitamos el riesgo de posibles de posibles vertidos de aceite al medio ambiente.

Con esta elección, reducimos el riesgo de posibles vertidos o fugas de elementos tóxicos, contaminantes o inflamables. Conseguimos instalar un elemento reciclable y respetuoso con el medio ambiente.

Nuestro transformador debe cumplir la siguiente normativa:

- Normas: UNE 21428
- Recomendaciones: UNESA 5201-C y 5204-B

Se realizarán los ensayos de vacío y de cortocircuito ya que nos proporcionan datos sumamente importantes como las pérdidas en el hierro y pérdidas en el cobre y se contrastarán con los datos del fabricante para su recepción y validación. También se debe calcular la intensidad de vacío, equivalente a la corriente del primario con el secundario en abierto lo que nos facilita obtener la relación de transformación a tensión nominal. [2.o]

Procederemos a instalar un transformador con las siguientes características:

Transformador	
Transformador	<i>Trifásico</i>
P. Nominal	<i>465 kVA</i>
Tensión en el primario	<i>12kV ± 5%</i>
Tensión en el secundario	<i>400</i>
Neutro	<i>Accesible</i>
Refrigeración	<i>IC01 Natural</i>
Frecuencia	<i>50 Hz</i>
Servicio	<i>Continuo</i>



Peso	1640 Kg
Rendimientos (1 / 0,9)	98,81 / 98,60 %
Instalación del transformador:	
Frecuencia	50 Hz
Servicio	Continuo
Peso	1640 Kg
Rendimientos (1 / 0,9)	98,81 / 98,60 %

Características de fabricación

Núcleo magnético: las capas se unen escalonadamente para que no se generen pérdidas y el ruido sea bajo. Hay que cortar el acero longitudinalmente de forma secuencial para que el entrelazado que impecable en todo el todo el proceso.

El devanado del primario está encapsulado al vacío en resina epoxi, el devanado del secundario tiene la cinta de aislante impregnada con esta resina. Debe ser curado en horno para que este quede compacto y aguante los esfuerzos de un cortocircuito.

Ensayos recomendados

Rutinarios:

- Med. de las resistencias en los arroyamientos.
- Med. de la relación de transformación y acoplamiento.
- Med. pérdidas en carga y cortocircuito.
- Med. pérdidas y corriente en vacío.
- Ensayo de tensión inducida y aplicada
- Descargas parciales

Típicos:

- Ensayos de:
 - Calentamiento
 - Impulso de rayo
 - Cortocircuito
- Med. protección anticorrosiva

9.3.3 Batería de condensadores

Con el objetivo de mejorar el factor de potencia se instalarán dos baterías de condensadores para compensar la potencia reactiva generada en los trafos y en los



generadores. Como explico en su correspondiente "Anexo 2, punto 11. Bateria de condensadores": pondremos dos baterías de condensadores de 18.25 kVAr.

9.3.4 Subestación BT y MT

Ahora que ya hemos elegido la caseta prefabricada y los transformadores que vamos a instalar debemos elegir los elementos de la subestación de protección, control y de corte.

Con lo cual hay que contar con la intensidad de cortocircuito 4,5 kA, en el punto de conexión 1,4 kA y la intensidad a máximo servicio 280 A en BT y en torno a 10 A en AT.

Cuadro de Baja Tensión

Instalaremos 5 celdas con interruptor automático y una de seccionador para cada transformador. Como control una celda de tipo seccionador se conectará al transformador y nos permitirá conectar y desconectar la instalación en acciones de mantenimiento o/y desconexión de la red de potencia infinita. Siguiendo las recomendaciones del fabricante. (SIEMENES o similar)

Los dispositivos elegidos admitirán hasta 450A, aunque es un valor bastante superior al de la intensidad actual, en caso de repotenciación o de mejora de algún elemento no haría falta cambiar toda la instalación transformadora de distribución.

Cuadro de Media Tensión

Después del cuadro de Baja Tensión la línea entra a 400V y sale del transformador a 12kV como vemos en el esquema unifilar de la instalación.

- Tendríamos una celda encargada de la medida destinada a los aparatos de medida y de facturación con unos transformadores de tensión y de intensidad.
- Después nos encontraríamos con un interruptor de potencia, formado por un interruptor automático y/o manual, un seccionador y de puesta a tierra. Se debe asegurar una vida del interruptor de corte es de al menos 10.000 maniobras en condiciones normales y 50 operaciones en condiciones de cortocircuito. La propia celda también dispone de un relé de seguridad programable.
- La celda seccionadora será la última que nos encontramos, está formada por un seccionador de línea, de tierra y una autoválvula protectora. Es así como protegemos al equipo de un fallo externo con la autoválvula. Si el fallo no se mitiga por completo es cuando las protecciones de las celdas harían su trabajo de protección.

Todas las partes metálicas de la subestación deben de ir puestas a tierra, puertas, barandillas, marcos. Además, será obligatorio cumplir las medidas eléctricas de seguridad y sus 5 reglas



de Oro, las herramientas con que nuestra instalación debe contar para cumplir con estas reglas son:

Pértiga de tensión
Pértiga de puesta a tierra
Guantes y botas aislantes
Elementos de señalización de trabajo peligroso
Banqueta de fibra

9.3.5 Línea de transporte

Una vez salidos de la subestación es necesario evacuar la energía a la red para que llegue a los puntos de consumo, hay que tender una línea desde nuestra minicentral hasta la línea de 12kV más próxima, la cual se encuentra a 150 metros y se soterrará.

Características:

Longitud – 150 metros
Tensión – 12kV
Tipo – trifásico con neutro

TIPO DE CABLE:

Potencia Línea.....**416 kW**
Rendimiento de la Línea.....100%
Coefc. De utilización K0,8
Longitud de la Línea.....150m
Material del conductor.....aluminio
Tipo de Aislamiento.....EPR
Cable.....DHV 12/20kV
Tensión Nominal.....12kV
 $\cos\phi$0,9



A la hora de trazar la línea, en el paso por fincas particulares se intentará llegar a un acuerdo económico para la concesión del terreno sin llegar a una expropiación con el fin de que no se retrase el proyecto a causa de la espera de una sentencia. Además, se acordará el trazado de esta con el fin de no perjudicar la actividad de los propietarios.

10. NORMATIVA DE FUNCIONAMIENTO

La puesta en marcha de la central se llevará a cabo abriendo el paso del agua a través de las turbinas, moviendo estas los respectivos generadores de manera controlada y escalonada hasta alcanzar la velocidad de sincronismo. Una vez alcanzada esta velocidad se acoplarán automáticamente los generados a la red. Los dispositivos instalados nos garantizan que ante cualquier fallo la central no se nos va a quedar sin alimentación eléctrica, ya que nuestra central cuenta con suministro eléctrico. De este modo garantizamos que durante el acoplamiento del generador no se produzcan caídas de tensión en la red ni tampoco que absorba puntas de energía.

Con los elementos de protección y seguridad instalados en la central tendremos garantizado un funcionamiento en condiciones normales sin necesidad de intervenir en los elementos de trabajo de la distribuidora ni en los propios.

Refiriéndonos al punto 2.1.4 del apartado 2 del artículo Primero de la O.M. de del 5 de septiembre de 1985, en la central tendremos un sistema que nos deje manual y automáticamente la desconexión de los grupos generadores de la Red, bien sea por motivos de Viesgo como por ausencia de tensión causada por perturbaciones de los niveles superiores de tensión.

Cuando se produzca una desconexión de la central por cualquier tipo de fallo o emergencia, hasta que la red de la distribuidora no se estabilice no se podrá proceder a su conexión.

11. GESTIÓN

La principal idea era la de comercialización de la energía, aunque sí que se contempló que, si el proyecto no salía rentable, desde alternativas de autoconsumo para el pueblo hasta el autoconsumo para la apertura de un hotel balneario rural. Con una buena gestión de los recursos existentes de la antigua ferrería el proyecto y contando con las ayudas el proyecto sale rentable. Pero contamos con mucho aporte hidrológico además en las épocas de verano tenemos la aportación del pantano lo que nos garantiza disponibilidad de operación en los meses más secos del año.



En el momento que se decidió la comercialización de la energía, fue inevitable la elevación de la tensión y tender una línea de evacuación hasta la línea de media tensión más próxima a la central, ya que el municipio más cercano no tiene capacidad para el consumo de la energía.

El principal ingreso de la central se llevará a cabo durante los meses de junio hasta octubre obteniendo un claro beneficio y siendo diciembre un mes ideal para realizar las labores de mantenimiento y preparación de la maquinaria e instalación.

8 de Septiembre de 2019

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser una abreviatura o un nombre estilizado, con una línea horizontal que se extiende hacia la derecha desde la parte inferior de la escritura.

Santos Zabala Izaguirre



· ANEXOS DE LA MEMORIA ·



1. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	41
2. SOPORTE Y OBJETIVOS	42
2.1 ESTADO DEL ARTE	42
2.2.1 Minicentrales Hidroeléctricas	45
2.2 VENTAJAS DE LA MINIHIDRAULICA	46
2.2.1 Ventajas ambientales	46
3. HIDROGRAFIA Y ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL RECURSO	47
3.1 EL RIO EBRO	47
3.2 RÉGIMEN HIDROLÓGICO	48
3.3 INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO	48
3.4 TIPOS DE CAUDAL	49
3.4.1 Caudal Ecológico	49
3.4.2 Caudal Natural	49
3.4.3 Caudal de Servidumbre	49
3.4.4 Caudal Turbinable	49
3.4.5 Caudal de Diseño	49
3.5 CALCULO CAUDAL DE DISEÑO	50
3.6 AÑO HIDROLOGICO TIPO	50
3.7 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE CAUDALES	62
4. APROVECHAMIENTO DEL RECURSO	63
4.1 GESTIÓN DE CAUDALES	63
5. SALTO BRUTO Y NETO	75
5.1 OBTENCION DE LOS DATOS	75
5.2 PÉRDIDAS DE CARGA	75
5.3 PÉRDIDAS TOTALES	77
5.4 SALTO NETO	78
6. OBRA CIVIL	78
6.1 PLANTEAMIENTO	78
6.2 VÍAS DE ACCESO A LA CENTRAL	78
6.3 AZUD	80
6.4 ESCALA DE PECES	80



6.5 CÁMARA DE CARGA.....	81
6.6 CANAL DE DERIVACIÓN	81
6.7 TUBERÍAS FORZADAS.....	81
6.8 CANAL DE DESAGÜE	81
6.9 EDIFICIO PRINCIPAL	81
7. ESCALA DE PECES	83
7.1 INTRODUCCIÓN	83
7.2 CARACTERÍSTICAS	83
8. AZUD NEUMÁTICO	83
9. TURBINA MICHELL-BANKI	85
9.1 INTRODUCCIÓN	85
9.2 FUNCIONAMIENTO	86
9.3 CONSTRUCCIÓN	87
9.4 PARAMETROS DE DISEÑO.....	90
9.5 GEOMETRIA DEL INYECTOR	95
9.6 GEOMETRIA DEL RODETE	97
9.7 CONCLUSION DISEÑO DE RODETES.....	99
10. GENERADOR	100
10.1 DEFINICIÓN	100
10.2 FUNCIONAMIENTO	101
10.3 SELECCIÓN DEL GENERADOR.....	103
10.4 FICHAS TECNICAS.....	106
11. BATERÍA DE CONDENSADORES.....	108
11.1 BAT. MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA.....	108
12. LINEA DE EVACUACIÓN DE MEDIA TENSIÓN.....	109
12.1 INTRODUCCIÓN	109
12.2 CÁLCULOS	109
13.1 ASPECTOS LEGISLATIVOS.....	111
13.2 CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD	112
13.3 CONCLUSIONES.....	115
14. IMPACTO AMBIENTAL	115
14.1 INTRODUCCIÓN	115
14.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	116



14.3	INVENTARIO.....	116
14.4	ANÁLISIS DE IMPACTO.....	119
14.4.1	Impactos en la construcción	120
14.5	MEDIDAS PREVENTIVAS	122
14.5.1	Medidas durante la fase de proyecto	122
14.5.2	<i>Medidas durante la fase de construcción.....</i>	123
14.5.3	Medidas durante la fase de servicio	124
14.6	PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL	124
14.6.1	Vigilancia en la construcción.....	124
14.6.2	Vigilancia en la operación	124
14.7.	CONCLUSIONES	125
15.	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	126
15.1	MEMORIA DE SS	126
15.1.1	OBJETO DEL ESTUDIO.....	126
15.1.2	SEÑALIZACION Y ACCESO	126
15.1.3	SERVICIOS AFECTADOS	127
15.1.3.1	Líneas eléctricas.	127
15.1.3.2	Tráfico Rodado.....	128
15.1.4	MEDIOS AUXILIARES	129
15.1.5	PREVENCION DE RIESGOS LABORALES EN LAS PRINCIPALES UNIDADES CONSTRUCTIVAS	134
15.1.5.1	Ejecución de Estructuras.....	134
15.1.6	MAQUINARIA	135
15.1.7	DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE BIENESTAR E HIGIENE 139	
15.1.8	ORGANIZACIÓN DE LA SEGURDAD Y SALUD EN LA OBRA	140
15-1.8.1	Personas y servicios responsables.....	140
15-1.8.2	Libro de incidencias	140
15-1.8.3	Botiquín y Urgencias.....	140
15-1.8.4	Formación del Personal	140
15.1.9	VALORACIÓN DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	140



15.2. PLIEGO DE CONDICIONES	141
15.2.1 DISPOSICIONES GENERALES.....	141
15.2.2 OBJETIVOS.....	142
15.2.3 CONDICIONES A CUMPLIR POR TODOS LOS MEDIOS DE PROTECCION COLECTIVA....	144
15.2.4 CONDICIONES A CUMPLIR POR LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN.....	145
INDIVIDUAL	145
15-2.5 LEGISLACIÓN APLICABLE A LA OBRA.....	149
15-2.5.1 Normas generales de prevención de riesgos laborales en la Construcción	149
15-2.5.2 Normas Preventivas de Construcción.....	150
15-2.5.3 Condiciones de Seguridad de los Equipos de Trabajo	151
15-2.5.4 Condiciones de Seguridad de Máquinas.....	151
15-2.5.1 Normas de Autorización del uso de maquinaria y de las Máquinas Herramienta.	152
15-2.5.2 El Libro de Incidencias	152
15.2.6 ACCIONES A SEGUIR EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL	154
15.2.6.1 Acciones a seguir.....	154
15.2.6.2 Accidentes graves y muy graves	155
15.2.6.3 Accidentes mortales.....	155
15.2.6.4 Accidentes laborales	156
15.2.7 MEDICIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LAS PARTIDAS PRESUSPUESTARIAS DE SS.....	156
15.3PRESUPUESTO	157
15.3.1 ESTADO DE LAS MEDICIONES.....	157
15.3.2 CUADRO DE PRECIOS	159



1. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Localización

Rio	Ebro
Ubicación	La Ferrería de Bustasur
Coordenadas	42°56'07.1"N 4°02'33.3"W

Características

Tipo	Minihidráulica de agua fluyente con un almacenamiento mínimo
Salto	4.9m
Producción Energía anual	1.607.886 MWh
Turbinas	2-Michael Banki
Generadores	G. Síncronos autoexcitados brushless G.1= 320 kVA G.2= 165 kVA
Actividad Primaria	Producción de energía eléctrica para su comercialización
Actividad Secundaria	Restauración del patrimonio creación de un centro de interpretación
Propietario:	Familia – Herederos Zubelzu.

Indicativos económicos

TIR	11,947 %
Precio de la energía	57,29 €/MWh
V.A.N	7,4%
PRC	9 años



2.SOPORTE Y OBJETIVOS

2.1 ESTADO DEL ARTE

Como todos podemos observar, el cambio climático es una realidad. Ya no se habla de reducir las emisiones o de una tasa de emisiones a la que no debemos llegar, ya no hay vuelta atrás. Lo que debemos hacer ahora es adoptar medidas para que sus efectos no sean catastróficos por lo que debemos optar por las energías renovables y actividades respetuosas con el medio ambiente.

España es uno de los países europeos que peor lo va a pasar con el cambio climático, tenemos registros que nuestros veranos ya duran cinco semanas más que en los años ochenta y además en los últimos cincuenta años, las temperaturas en las ciudades españolas el doble de la media mundial por lo que tenemos los dos tercios más al sur convirtiéndose en un desierto. Otro dato negativo del que tenemos registro es la subida del nivel del mar mediterráneo de un centímetro cada tres años, dibujando un mapa catastrófico de posibilidades, quedando inundado la costa valenciana y desapareciendo el delta del Ebro. Los efectos producidos por este cambio climático no solo se limitan al clima, sino que también empiezan a llegar a España especies de insectos tropicales portadoras de enfermedades. Es por esto una de las pocas razones por las que se debe apostar por una energía limpia y renovable.

Nos encontramos en un planeta cubierto en un 71% por agua donde el agua dulce no llega al 3,5% del agua total y la mayoría de esta se encuentra en los casquetes polares en forma de hielo. Toda la energía viene directa o indirectamente del sol, de su radiación, originada de las fusiones nucleares que en él se producen. El ciclo del agua viene a ser este: a causa de la radiación solar, la superficie caliente se calienta, lagos, ríos, mares y océanos. Este calentamiento hace que el agua se evapore, esta agua evaporada por acción de las diferencias de presión y temperatura se transporta en forma de nubes por y con el aire hacia los diferentes puntos del planeta donde precipita nuevamente en forma de niebla, lluvia o nieve.

En la zona del ecuador es donde más cantidad de radiación penetra y más se calienta el agua de los océanos, por lo tanto, es donde más cantidad de agua se evapora. A causa del cambio climático cada vez se evapora más agua, por lo que altera la temperatura de atmósfera y las presiones provocando tormentas más fuertes e impredecibles como podemos observar desde hace unos años.

El encarecimiento de los recursos fósiles como el petróleo y el gas en la crisis energética de los años setenta provocó un desarrollo de los recursos renovables y locales existentes con el fin de obtener una energía inagotable y barata. Un recurso barato e



inagotable es el agua, puede ser fluctuante o que necesite una habilitación muy cara para la explotación, pero es un recurso renovable.

Solo podemos conocer datos de la energía consumida como energía comercializada ya que es imposible conocer la producción de todo individuo en particular. La producción anual media de energía a nivel mundial de carácter hidroeléctrico es de 2600 TWh, lo que viene corresponder entorno al 19% de toda la energía eléctrica producida. En la actualidad esta fuente de energía tiene una limitación clara ya que en los países desarrollados los principales ríos y saltos ya cuentan con una explotación hidroeléctrica es por esto por lo que se debe de buscar sitios alternativos con nuevas tecnologías para poder sacar efectividad a saltos menos y a emplazamientos con unas características no tan beneficiosas para esta transformación de energía. Es en los países en vías de desarrollo donde más proyectos y con más potencia se pueden instalar, Europa es la región con más potencia instalada en el mundo de este tipo de energía. Sin embargo, estos países en vía de desarrollo se encuentran con problemas financieros, ambientales y de carácter político social como puede ser el caso de países en África y Sur América con todo el problema de guerras civiles en los que se encuentran sumergidos.

En Europa la instalación y rehabilitación de minicentrales hidroeléctricas sí que saldría rentable con la implantación de nuevas tecnologías ante la fluctuación de caudales, rehabilitando y ampliando las centrales ya existentes ya que según la European Small Hydraulic Association entorno al 70% de las minicentrales pasan de los cuarenta años de funcionamiento.

En España contamos con una elevada presencia de la energía renovables y la energía hidroeléctrica forma un destacado papel ya que nos situamos entre los tres países de la Unión Europea en cuanto a potencia hidroeléctrica instalada nos encontramos en tercer lugar y en Europa en sexta posición. Siendo estos los países con mayor potencia instalada: [2.r]

HYDROPOWER INSTALLED CAPACITY BY COUNTRY

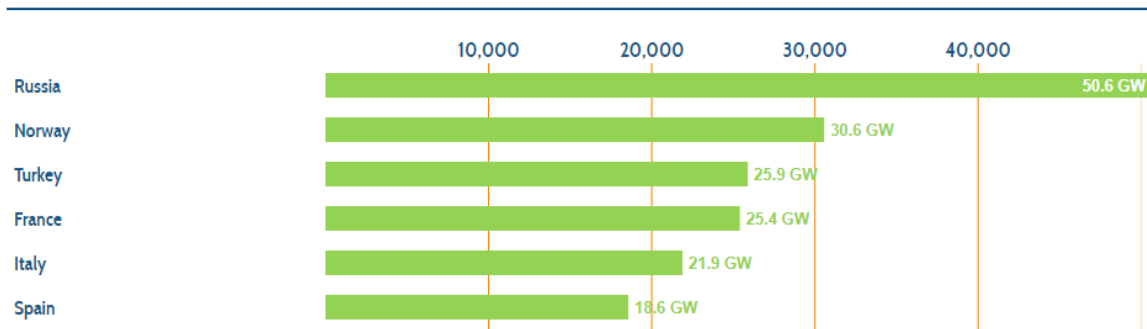


Ilustración 15: Potencia hidroeléctrica instalada en Europa. Fuente [2.2]



El 2018 fue el cuarto año consecutivo con un aumento del consumo de la energía en España, pero cayó la producción por tercer año consecutivo debido principalmente al descenso de la producción de las centrales térmicas de carbón y las centrales de ciclo combinado (gas) por lo tanto las importaciones superaron a las exportaciones energéticas. Es por esto por lo que hay que promover un aumento de la producción local, de carácter renovable y viable. En este mismo año el 40,1% de la energía producida fue renovable contribuyendo la hidroeléctrica con un 13,2% mucho mayor que en el 2017 a causa de la gran sequía que hubo en este año la generación fue del 7% y un total del 33,7% renovable, además las reservas hidroeléctricas finalizaron este 2018 con un nivel de llenado del 44,1% de su capacidad total.

Tabla 3: Producción renovables. Fuente [1]

Año	2018	2017	2016	2015	2014
Producción (%)	40,1	33,7	40,5	36,7	42,5

Este fue el mix energético que obtuvimos en España el 2018, liderado por la energía nuclear con un 20,6% y seguido muy de cerca por la eólica que aportó un 19,0% de generación. Como he comentado antes a causa de la aportación hidráulica la hidroeléctrica se sitúa en tercera posición con un 13,2% a lo que podríamos añadir un 0,8% de la turbinación por bombeo. [2.a]

Cobertura de la demanda eléctrica peninsular. Año 2018 (%)

■ Nuclear	20,6%	■ Eólica	19,0%
■ Carbón	13,5%	■ Hidráulica	13,2%
■ Ciclo combinado	10,2%	■ Solar fotovoltaica	2,9%
■ Cogeneración	11,2%	■ Solar térmica	1,7%
■ Residuos no renovables	0,9%	■ Otras renovables	1,4%
■ Turbinación bombeo ^(a)	0,8%	■ Residuos renovables	0,3%
		■ Saldo Importador de Intercambios Internacionales	4,3%

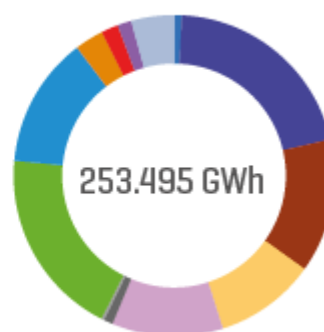


Ilustración 16: PRODUCCION EN 2018 POR PORCENTAJE. FUENTE [2.2]



2.2.1 Minicentrales Hidroeléctricas

La realidad es que no hay un acuerdo entre los países de la Unión Europea para clasificar y catalogar una minicentral hidroeléctrica. En países como España, Portugal, Bélgica, Irlanda y Grecia se denomina minicentral a toda aquella instalación cuya potencia instalada sea inferior a los 10MW a diferencia de Italia <3MW, Reino Unido <5MW y Francia 8MW.

En mi humilde opinión la potencia no debería ser el principal criterio para diferenciar entre minicentral y una central clásica ya que una minicentral no es una central convencional a pequeña escala. Para empezar la turbina de una minicentral tiene un diseño muy diferente nos encontramos ante una turbina de potencia en el rango de los kW a otra dentro de los MW. Si nos fijamos en la obra civil que estas necesitan, los principios que una minicentral sigue son totalmente diferentes a las instalaciones con enormes embalses o saltos. El aspecto, en mi opinión, más importante es el impacto ambiental, ya que la obra, habilitación de terrenos, área inundada, variación del caudal... El impacto que producen las minicentrales se podría considerar nulo en comparación a una gran central convencional, más aún si se procede a realizar una rehabilitación o una repotenciación.

Tipos de minicentrales:

Agua fluyente

Se consideran minicentral de agua fluyente a aquellos aprovechamientos que no disponen de un embalse regulador lo suficientemente grande e importante, de manera que la instalación debe funcionar cuando el caudal del río sea igual o superior al mínimo técnico establecido para la minicentral. Dependiendo de las características del emplazamiento de la minicentral podemos tener aprovechamientos de baja, media y alta caída, en función de los metros del salto.

Ante un aprovechamiento con alta o media caída, en ríos con notoria pendiente, el azud o la presa es de baja altura ya que lo que nos interesa es desviar el caudal mediante una tubería a presión o un canal sin perder pendiente hasta las inmediaciones de la instalación. En ocasiones se utiliza la presa o el canal de derivación como embalse auxiliar para poder tener capacidad y decisión de turbinas en horas punta, cuando la energía es más cara.

En los casos de disponer de un bajo salto, normalmente en los valles, la minicentral puede contar bien con un canal y un pequeño salto o bien sin salto.



Pie de presa

Se considera a todo el aprovechamiento en el que se embalsa el agua del río en el que se instala la central. La principal ventaja y distinción que tienen este tipo es la regulación del caudal turbinado ya que se dispone de energía almacenada. Esta característica se utiliza para turbinar en los momentos que más beneficio se va a obtener por producción eléctrica, las horas punta.

En el agua embalsada se diferencia en el volumen de agua que pasa a ser turbinada (zona útil) donde está la toma de agua de la presa a la central y el agua no útil para turbinar (zona muerta). La cantidad de zona útil que disponga la instalación es lo que a posteriori determinará la regulación de la producción, horaria, diaria o semanal. Este volumen de agua en las minicentrales es pequeño por lo que se vacía y se llena con rapidez por lo que estas instalaciones suelen turbinar en las horas punta.

En este tipo de instalaciones incluimos las centrales localizadas en embalses cuya función principal es otra a la de la comercialización energética, bien sea por que este destinado al riego o al abastecimiento.

En canal de riego

En este tipo de centrales podemos diferenciar dos tipos de aprovechamiento. El primer tipo, la instalación aprovecha el desnivel que existe en el propio canal guiando el agua hasta la central por una tubería forzada y el segundo tipo son las instalaciones que utilizan el desnivel entre el cauce del río y el canal, instalando la central en las inmediaciones del río turbinando el agua que excede del canal de la central. [2.a]

2.2 VENTAJAS DE LA MINIHIDRAULICA

2.2.1 Ventajas ambientales

La utilización de combustibles fósiles es la principal fuente de emisiones de gases invernaderos que son los causas del efecto invernadero, del calentamiento global y cambio climático.

En cambio, las energías renovables aprovechan un recurso energético inagotable que además no produce gases de efecto invernadero durante su operación. Como se acordó en el protocolo de Kioto, los países deben reducir la cantidad de emisiones de gases invernadero y además se comprometen a desarrollar nuevas formas de explotación energética. Con lo cual estamos ante un modo de aprovechamiento energético que ayuda a reducir las



emisiones y los efectos contaminantes que están producen como la lluvia acida, calentamiento global, etc.

Además, una central hidroeléctrica genera beneficios indirectos en el entorno donde esta se sitúe.

- El agua no se consume, ya que una vez turbinada y extraída toda la energía posible que esta trae, es devuelta aguas abajo nuevamente.
- Reduce la dependencia energética exterior ya que se dispone de energía local fortaleciendo la calidad y la seguridad del suministro energético.
- No se generan residuos directos durante la generación, por lo que el impacto durante la vida útil es mínimo. En la fase de levantamiento y construcción como en la de desmantelamiento es donde se generan los residuos y donde hay que extremar la precauciones para no afectar al medio ambiente.
- Respetuosa con el medio ambiente, ya que los impactos son muy pequeños y fáciles de mitigar, en muchas ocasiones llevando una buena planificación y tomando las medidas adecuadas se podrían hasta evitar, como es el caso de la escala de peces, el caudal ecológico y un tratamiento apropiado de reciclaje de los equipos una vez hayan sido retirados.
- Utiliza como “materia prima” un recurso inagotable a causa del ciclo natural del agua.

3. HIDROGRAFIA Y ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL RECURSO

3.1 EL RIO EBRO

Nos encontramos con el segundo río más caudaloso y segundo más largo de España por detrás del Duero y Tago respectivamente. Además, si tenemos en cuenta los ríos con desembocadura en el mediterráneo solo está el Nilo por delante en cuanto a longitud. El río Ebro tiene una longitud de 930km y con la mayor cuenca hidrológica de España con 86100km².

Es el río más importante de nuestra comunidad autónoma, Cantabria, siendo el único que desemboca en el mar Mediterráneo. El Pico Tres Mares es donde se localiza su nacimiento, aunque es en Fontibre donde de forma simbólica se establece.

Es en Arroyo donde se localiza la presa del Embalse del Ebro, siendo este el primero de los tres embalses a lo largo de su recorrido, siendo uno de los más grande de España y el más grande de Cantabria. Su construcción duro unos 25 años siendo



inaugurado en 1952. Su puesta en marcha anegó la fértil vega La Rasa de Campoo e inundó varios pueblos.

A 4,8 km aguas debajo de la presa, nuestra central es el primer encuentro del río con un punto urbano, La Ferrería de Bustasur y el propio pueblo de Bustasur de las Rozas de Valdearroyo. [2.b]

3.2 RÉGIMEN HIDROLÓGICO

Estamos ante un río caudaloso, pero de carácter irregular. Durante los meses de verano y al final de este es cuando más caudal registramos, en estos meses de riego se puede llegar a recoger caudales por encima de $40 \text{ m}^3/\text{s}$ hasta $1 \text{ m}^3/\text{s}$ cuando solamente se vierte el caudal ecológico. En la actualidad a causa de la regulación de los pantanos es difícil que se produzcan grandes crecidas.

3.3 INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO

En toda central hidroeléctrica la potencia de esta está determinada por el caudal y por salto, como el salto es una característica invariable, la potencia depende principalmente del caudal turbinado. Por lo que la central va dimensionada en función de la cantidad de agua que pase a través de nuestra turbina.

Nos encontramos en el río Ebro, uno de los más importantes de España, tenemos la grandísima suerte de tener agua arriba su embalse ya que esto nos proporciona unos caudales regulados y una pequeña previsión del caudal que nos vamos a encontrar en nuestra instalación.

Otro factor positivo que nos proporciona el embalse del Ebro es que, en las épocas estivales, cuando menos aporte de precipitación tenemos es cuando las compuertas del embalse están abiertas para que llegue el agua a los campos de cultivo de la rivera del río por las diferentes comunidades, siendo en invierno cuando recogemos los caudales más pequeños. En estos meses de invierno con el pantano cargándose de aprovisionamiento de agua para el resto del año lo que turbinamos es el aporte de la nieve y las precipitaciones.

Realizar un buen estudio hidrológico es de suma importancia para poder dimensionar la central y determinar los mejores elementos que se adapten a nuestras características lo más económicamente posible.



3.4 TIPOS DE CAUDAL

3.4.1 Caudal Ecológico

El caudal ecológico como su nombre bien indica es el caudal mínimo necesario para que no se produzca una alteración en el ecosistema del entorno afectado por nuestra instalación hidro-energética.

El caudal ecológico se ha determinado mediante la elaboración de un año hidrológico tipo, recabando todos los datos diarios de caudal durante 12 años y seleccionando el caudal correspondiente al 360 ordenado de mayor a menor. Como veremos seguidamente, en el punto donde se encuentra nuestra central el caudal ecológico es de 1,02 m³/s.

3.4.2 Caudal Natural

Definido como caudal natural del río al caudal medio diario, estudiándolo día a día durante un año hidrológico para poder ordenarlo oportunamente.

De este estudio hidrológico podremos analizar los años estudiados, clasificándolos en cinco tipos, muy húmedo, húmedo, normales, secos y muy secos. Observando tiempo atrás buscaremos un elevado caudal instantáneo para poder dotar a nuestra instalación de la seguridad y protecciones necesarias.

3.4.3 Caudal de Servidumbre

Caudal el cual es utilizado para actividades comerciales por lo que se debe respetar si en tramo de servicio existe algún aporte de esta característica. Es equivalente a la cantidad de agua necesaria por la actividad primaria o secundaria.

Esta instalación no cuenta con algún caudal de servidumbre ya que en las proximidades del río no existe ningún uso comercial.

3.4.4 Caudal Turbinable

Es el caudal que podría atravesar la turbina aportando la energía necesaria para mover el conjunto electromecánico para la producción de electricidad. Por lo tanto, el caudal turbínale es el caudal que resulta del caudal natural menos el caudal ecológico

3.4.5 Caudal de Diseño

Caudal para el cual se ha dimensionado cada una de las turbinas.



3.5 CALCULO CAUDAL DE DISEÑO

Conocer el caudal natural del río es sumamente complicado ya que depende de diversos y numerosos factores. Hay varias formas de poder obtener este caudal natural. En este proyecto se han utilizado los datos de la central de aforo de la presa de Arroyo, situada aguas arriba a 4,8 Km.

Ya que nos situamos muy próximos río a bajo de la presa del Embalse del Ebro el caudal en nuestra central está condicionado por este, aunque se podría calcular la cantidad de agua que aporta la cuenca y los arroyos afluyentes hasta llegar a la central, conociendo el coeficiente de escurrimiento y la cantidad de precipitación caída en un periodo concreto.

Conocer tal cantidad de agua es una labor sumamente complicada ya que este coeficiente de escurrimiento depende de numerosos factores, como la vegetación, la pendiente, el tipo de terreno y superficie... Este cálculo considero que es prescindible ya que no es la tarea principal de este proyecto.

Con lo cual, a lo largo de toda la geografía española se encuentran repartidas estaciones de aforo. Estas estaciones pertenecen a la confederación hidrográfica y toman medidas del río en los puntos donde se localizan.

Como he comentado antes, la precisión de esta medida depende de la distancia entre la estación y nuestra instalación. Por lo que el caudal en el punto exacto de nuestra central será mayor al registrado en la estación de aforo debido al aporte de la cuenca y los afluyentes hasta llegar a la central.

La estación de aforo de la cual vamos a recabar los datos de caudal es la estación de Arroyo de la Rozas de Valdearroyo, la cual nos va a proporcionar datos muy fiables del caudal ya que se encuentra en la compuerta del embalse siendo la proporción de agua mucho mayor a la aportada por la precipitación y afluyentes locales.

Para aumentar la fiabilidad del estudio no solo nos vamos a fijar en un año, hemos recogido datos diarios del río desde el 2004 hasta el 2015

3.6 AÑO HIDROLOGICO TIPO

Como bien acabo de señalar, es necesario tener una serie lo bastante mente amplia para poder definir un año hidrológico de referencia para poder plantear temas de viabilidad y factibilidad. (Consideramos año hidrológico al periodo del 1 oct al 30 sep).

Tabla 4: Aportación Anual Hm³. Fuente [1]

AÑO	APORTACION ANUAL (HM³)
2004	332,10
2005	273,01
2006	154,13
2007	100,71
2008	336,91
2009	356,91
2010	275,80
2011	298,11
2012	156,48
2013	339,84
2014	376,37

Una vez recogidos estos datos, para poder hacer las clasificaciones de los años como he comentado antes desde muy húmedo hasta muy seco, debemos establecer unos rangos:

- Máximo: año con mayor aportación 376,37 Hm³
- Mínimo: año con menor aportación 100,70 Hm³
- Rango: cantidad de agua entre estos 275,66 Hm³

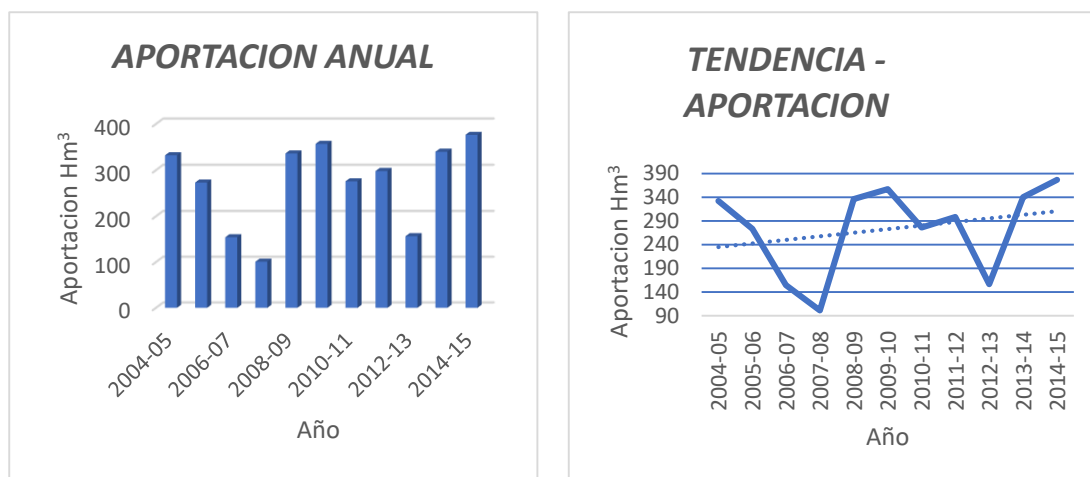


Ilustración 17: Aportación anual y Tendencia. Fuente [1]

Con estos límites establecidos, debemos establecer un criterio para distribuir cada año dentro de los 5 grandes grupos diferentes. Utilizaremos el siguiente método:

Maximo – $0.15 * \text{Rango}$

Muy Humedo

Muy humedo – $0.2 * \text{Rango}$

Humedo

Humedo – $0.3 * \text{Rango}$

Normal

Normal – $0.2 * \text{Rango}$

Seco

Seco – $0.15 * \text{Rango}$

Muy Seco

El resultado de estos grupos es el siguiente:

<i>Muy Humedo</i>	2008 – 2009 – 2013 – 2014
<i>Humedo</i>	2004 – 2011
<i>Normal</i>	2005 – 2010
<i>Seco</i>	2005 – 2011
<i>Muy Seco</i>	2012

Después de este análisis de los caudales diarios durante este periodo de tiempo, debemos elaborar un año tipo para poder dimensionar la turbina e instalación. Para ello,



ordenaremos de mayor a menor los datos de caudal de los once años, quedando el mayor caudal registrado en la posición: 1 y el menor en la posición 365 o 366.

Una vez tengamos ordenados todos los datos, podemos realizar un promedio diario para los 11 años obteniendo nuestro “**Año Tipo**”

DÍAS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11
1	45,475	34,86	29,68	19,275	53,725	51,74	30,56	44,62	30,58	44,44	71,28
2	45,475	34,12	26,415	15,24	52,9	49,92	30,28	42,36	27,75	41,96	71,27
3	45,475	34,12	24,63	15,24	49,6	45,68	30,19	40,78	26,46	39,28	70,03
4	43,825	34,12	24,63	14,71	46,3	45,36	25,84	40,54	25,83	34,41	69,72
5	43,825	34,12	24,035	14,71	41,52	45,36	25,82	40,4	25,8	34,32	64,93
6	43	34,12	24,035	14,71	41,52	45,34	25,82	40,3	25,69	30,6	56,84
7	42,26	31,9	22,25	13,65	41,52	45,3	25,82	40,2	23,14	30,54	53,12
8	41,52	31,9	21,655	13,65	41,52	45,21	25,78	40,16	21,75	30,5	41,77
9	40,78	30,42	19,87	13,12	38,56	45,2	25,71	40,12	20,79	30,45	40,06
10	40,78	30,42	19,87	13,12	37,82	45,14	25,71	38,31	20,63	30,42	40,04
11	40,04	29,68	18,68	13,12	37,08	44,98	25,68	37,74	20,51	30,42	39,96
12	39,3	29,68	18,68	12,59	37,08	44,8	25,51	37,06	20,49	28,38	39,89
13	39,3	29,68	18,085	12,59	36,34	44,7	25,46	36,07	20,42	28,15	35,91
14	39,3	29,68	18,085	11	36,34	42,07	25,46	35,92	20,39	27,86	35,56
15	38,56	29,68	16,895	10,6	35,6	41,76	25,45	35,68	20,38	27,12	35,35
16	38,56	29,68	15,24	10,6	32,64	39,8	25,4	35,68	20,38	26,85	34,97
17	38,56	29,68	14,71	10,6	31,9	39,73	25,38	35,66	20,33	26,02	34,38
18	38,56	29,68	14,71	10,2	30,42	35,66	25,31	35,65	19,98	25,82	33,9
19	37,82	29,68	14,71	9,4	30,42	35,64	25,28	35,62	18,65	25,82	31,49
20	37,82	28,94	14,71	9	30,42	35,52	25,27	35,61	17,47	25,82	31,13
21	37,82	28,94	14,71	9	30,42	35,5	25,27	35,6	15,87	25,82	31,09
22	37,82	28,94	14,71	8,2	29,68	35,48	25,26	35,58	15,72	25,82	30,92
23	37,08	28,94	14,71	8,2	29,68	35,47	25,25	35,57	15,71	25,82	30,92
24	37,08	28,94	14,71	8,2	29,68	35,31	25,24	35,54	15,68	25,81	30,87
25	35,6	28,94	14,71	8,2	29,68	35,22	25,23	35,38	15,67	25,81	30,84
26	35,6	28,2	14,71	8,2	28,94	35,18	25,22	35,38	15,66	25,75	30,81
27	35,6	28,2	14,71	8,2	28,94	35,15	25,22	35,3	15,65	25,75	30,79
28	35,6	27,01	14,71	8,2	27,605	35,11	25,2	34,4	15,63	25,71	30,72
29	35,6	27,01	14,71	8,2	27,605	35,1	25,2	34,31	15,63	25,7	30,71
30	34,12	25,82	14,71	8,2	27,01	34,88	25,19	34,15	15,57	25,68	30,7
31	33,38	25,82	14,71	8,2	27,01	30,28	25,18	34	15,57	25,61	30,7
32	33,38	25,82	14,71	8,2	26,415	30,26	25,17	33,34	15,52	25,6	30,64
33	33,38	25,225	14,71	8,2	25,225	30,22	25,17	33,24	15,52	25,59	30,53
34	33,38	25,225	14,71	8,2	25,225	29,89	25,15	33,23	15,51	25,58	30,52
35	33,38	25,225	14,18	8,2	25,225	29,83	25,15	33,2	15,48	25,57	30,49
36	32,64	25,225	14,18	8,2	25,225	29,61	25,13	33,08	15,42	25,57	30,48
37	32,64	25,225	14,18	8,2	25,225	29,51	25,12	32,98	15,42	25,55	30,47
38	32,64	25,225	14,18	8,2	25,225	29,34	25,12	32,62	15,41	25,54	30,47
39	31,9	25,225	14,18	8,2	25,225	27,77	25,12	32,48	15,4	25,53	30,46
40	31,16	25,225	14,18	7,8	25,225	25,73	25,09	32,32	15,36	25,48	30,45



41	31,16	25,225	14,18	7,8	24,63	25,71	25,09	32,24	15,33	25,47	30,42
42	31,16	25,225	14,18	7,8	24,63	25,7	25,08	31,51	15,32	25,46	30,42
43	30,42	24,63	14,18	7,8	24,63	25,67	25,08	31,07	15,32	25,44	30,42
44	30,42	24,63	14,18	7,8	24,63	25,59	25,07	30,97	15,27	25,44	30,42
45	30,42	24,63	14,18	7,8	24,63	25,56	25,07	30,58	15,27	25,43	30,42
46	29,68	24,63	14,18	7,8	22,845	25,05	25,06	30,57	15,25	25,36	30,42
47	29,68	24,63	14,18	7,8	22,25	24,84	25,06	30,56	15,25	25,33	30,42
48	29,68	24,63	14,18	7,8	22,25	24,21	25,05	30,55	15,24	25,32	30,42
49	29,68	24,035	13,12	7,8	22,25	22,77	25,05	30,47	15,24	25,31	29,16
50	29,68	24,035	13,12	7,8	22,25	20,97	25,04	30,44	15,24	25,26	29,06
51	29,68	24,035	13,12	7,8	20,465	20,83	25,03	30,42	15,24	25,26	28,25
52	29,68	24,035	11,53	7,8	20,465	20,73	24,97	30,4	15,24	25,24	28,19
53	29,68	24,035	11,53	7,8	20,465	20,7	24,96	27,83	15,2	25,24	27,61
54	29,68	24,035	11	7,8	20,465	20,56	24,95	25,81	15,16	25,24	27,13
55	29,68	24,035	10,6	7,8	20,465	20,53	24,8	25,76	15,14	25,23	26,34
56	29,68	24,035	10,6	7,8	20,465	20,5	24,52	25,73	15,14	25,23	25,89
57	29,68	24,035	10,6	7,8	19,87	20,49	23,84	25,73	15,08	25,23	25,84
58	28,94	24,035	10,6	7,8	19,87	20,49	23,61	25,71	15,04	25,23	25,82
59	28,94	24,035	10,2	7,8	19,87	20,49	23,5	25,67	15,04	25,23	25,82
60	28,94	24,035	10,2	7,8	19,87	20,47	23,44	25,62	14,99	25,23	25,82
61	28,94	24,035	9,8	7,8	19,87	20,47	22,97	25,61	14,86	25,23	25,82
62	27,605	24,035	9,8	7,8	19,87	20,47	22,37	25,57	14,74	25,23	25,82
63	26,415	24,035	9,8	7,8	19,87	20,47	22,18	25,51	14,34	25,23	25,82
64	26,415	24,035	9,8	7,8	19,87	20,47	21,94	25,49	13,15	25,23	25,82
65	25,82	23,44	9,8	7,8	19,87	20,47	21,8	25,49	12,75	25,23	25,82
66	25,225	23,44	9,8	7,8	19,87	20,47	21,62	25,48	12,59	25,23	25,82
67	25,225	23,44	9,8	7,8	19,87	20,47	20,7	25,32	12,56	25,23	25,82
68	25,225	23,44	9,8	7,8	19,87	20,47	20,51	25,26	12,52	25,23	25,81
69	24,63	23,44	9,8	7,8	19,87	20,47	20,5	25,24	12,18	25,23	25,81
70	24,63	21,655	9,8	7,8	19,87	20,47	20,5	25,23	12,11	25,23	25,81
71	24,63	21,655	9,8	7,8	19,87	20,47	20,48	25,21	10,43	25,23	25,8
72	24,63	21,655	9,8	7,4	19,87	20,46	20,48	25,2	10,42	25,23	25,8
73	24,035	21,06	9,8	7,4	19,87	20,46	20,48	25,18	10,42	25,23	25,79
74	24,035	20,465	9,8	7,4	19,87	20,44	20,48	25,15	10,27	25,22	25,76
75	23,44	20,465	9,4	7,4	19,275	20,44	20,48	25,11	10,22	25,22	25,75
76	23,44	20,465	9,4	7,4	19,275	20,43	20,48	25,1	10,22	25,21	25,73
77	23,44	20,465	9,4	7,4	19,275	20,43	20,47	25,05	10,21	25,19	25,73
78	23,44	20,465	9,4	7,4	19,275	20,43	20,47	25,03	10,21	25,18	25,72
79	22,845	20,465	9	7,4	19,275	20,39	20,47	24,94	10,2	25,15	25,69
80	22,845	20,465	9	7,4	19,275	20,38	20,47	24,13	10,2	24,43	25,68
81	22,845	20,465	9	7,4	18,085	20,36	20,47	22,65	10,2	24,05	25,64
82	22,25	19,87	9	7	18,085	20,36	20,47	19,98	10,2	23,87	25,62
83	21,655	19,87	9	7	17,49	20,35	20,47	18,69	10,2	23,46	25,62
84	21,655	19,87	8,2	6,524	17,49	20,33	20,47	18,68	10,2	22,83	25,61
85	21,06	19,87	7,8	6,524	16,895	20,32	20,47	18,62	10,2	22,67	25,58
86	20,465	19,87	7,4	6,524	16,895	20,3	20,47	18,52	10,2	22,5	25,49
87	20,465	19,87	7,4	5,572	16,3	20,21	20,47	18,48	10,2	20,95	25,47
88	20,465	19,87	7,4	5,334	15,77	20,17	20,46	18,48	10,2	20,68	25,47
89	20,465	19,87	7,4	5,096	15,77	20,16	20,46	16,15	10,2	20,58	25,35
90	20,465	19,87	7,4	5,096	15,24	20,16	20,46	15,25	10,2	20,54	25,27
91	19,87	17,49	7,4	5,096	15,24	19,93	20,44	15,25	10,2	20,5	25,23
92	19,87	17,49	7,4	4,858	14,71	19,92	20,44	15,23	10,2	20,49	25,23
93	19,275	16,895	7,4	4,858	14,71	19,91	20,43	15,23	10,2	20,48	25,23
94	19,275	16,895	7,4	4,858	14,71	19,87	20,43	15,22	10,2	20,47	25,23
95	19,275	16,895	7,4	4,858	14,71	19,79	20,41	15,22	10,2	20,47	25,23
96	19,275	16,895	7,4	4,858	14,71	19,65	20,37	15,05	10,19	20,47	25,23
97	19,275	16,895	7,4	4,858	14,71	19,53	20,37	15,04	10,02	20,47	25,23
98	19,275	15,77	7,4	4,858	14,71	18,38	20,34	14,94	9,38	20,47	22,93
99	19,275	15,24	7,4	4,858	14,71	18,34	20,21	14,27	8,63	20,47	21,47
100	19,275	15,24	7,4	4,62	14,71	18,26	20,18	13,15	8,6	20,47	20,48
101	19,275	15,24	7,4	4,62	14,71	18,24	20,05	13,13	8,42	20,47	20,47
102	19,275	14,18	7,4	4,62	14,71	18,22	19,96	13,12	8,2	20,47	20,47
103	19,275	14,18	7,4	4,62	14,71	18,21	19,94	12,13	8,18	20,33	20,47
104	19,275	14,18	7	4,458	14,71	18,17	19,4	11,86	8,12	18,45	20,47
105	19,275	14,18	7	3,972	14,71	18,08	17,68	11,09	8,11	18,31	20,47
106	19,275	14,18	7	3,972	14,71	18,08	17,16	10,98	8,07	18,11	20,47
107	19,275	13,65	7	3,972	14,71	17,99	15,57	10,64	8,03	17,96	20,47
108	19,275	13,65	7	3,972	14,18	17,83	15,45	10,3	7,93	17,18	20,47
109	19,275	11,53	7	3,972	14,18	17,8	15,29	10,26	7,91	17,14	20,47
110	19,275	10,6	7	3,972	14,18	17,65	15,24	10,24	7,85	15,85	20,47
111	19,275	9,8	7	3,972	14,18	17,52	15,24	10,24	7,74	15,8	20,47



112	19,275	9,8	7	3,324	14,18	17,41	15,24	10,18	7,65	15,79	20,47
113	18,68	9,8	7	3,162	13,12	16,86	15,23	10,03	7,4	15,78	20,47
114	17,49	9,8	7	3	12,59	16,48	15,23	9,99	6,22	15,78	20,47
115	16,3	9,8	7	3	12,59	15,78	15,11	9,83	6,05	15,78	20,47
116	14,71	9,4	7	3	12,59	15,77	13,87	9,27	5,6	15,77	20,47
117	14,71	9,4	7	3	12,59	15,77	13,64	8,96	5,57	15,77	20,47
118	14,71	9,4	7	3	12,59	15,76	12,72	8,53	5,57	15,77	20,46
119	14,71	9,4	7	3	12,59	15,69	12,01	8,4	5,57	15,77	20,45
120	14,71	9,4	7	3	12,59	15,68	10,91	8,36	4,82	15,77	20,4
121	14,18	8,6	6,762	3	12,59	15,68	10,36	8,33	3,57	15,77	20,4
122	11,53	8,6	6,762	3	12,59	15,68	10,32	8,28	3,05	15,77	20,35
123	9,8	8,2	6,762	3	12,59	15,64	10,23	8,27	3,02	15,77	20,31
124	9,8	7,4	6,762	2,888	12,06	15,63	10,23	8,25	2,06	15,77	20,22
125	9,8	7,4	6,762	2,888	12,06	15,59	10,23	8,24	1,75	15,77	20
126	9,8	7,4	6,762	2,888	12,06	15,53	10,2	8,22	1,73	15,77	19,31
127	9,4	7,4	6,762	2,776	12,06	15,51	10,2	8,21	1,68	15,76	18,55
128	9,4	7,4	6,762	2,44	12,06	15,51	10,2	8,14	1,67	15,7	18,09
129	9,4	7,4	6,762	2,44	12,06	15,49	10,2	8,01	1,67	15,67	17,65
130	9,4	7,4	6,762	2,216	12,06	15,48	10,2	7,11	1,66	15,65	17,46
131	8,2	7	6,286	1,992	12,06	15,47	10,2	7,06	1,59	15,63	17,26
132	6,762	7	5,096	1,88	12,06	15,46	10,2	7,03	1,59	15,53	17,15
133	6,762	7	5,096	1,782	12,06	15,44	10,2	7,01	1,59	15,51	17,04
134	6,762	6,762	5,096	1,586	11,53	15,4	10,2	7	1,59	15,47	16,6
135	6,762	6,762	4,858	1,39	11,53	15,38	10,2	6,96	1,59	15,42	16,39
136	6,762	6,762	4,858	1,39	11,53	15,32	10,2	6,96	1,59	15,37	16,33
137	6,762	6,762	4,858	1,39	11,53	15,32	10,2	6,94	1,59	15,34	16,3
138	6,762	6,762	4,858	1,292	11,53	15,25	10,2	6,91	1,59	15,28	16,23
139	6,762	6,762	4,858	1,292	11,53	15,24	10,2	6,78	1,59	15,24	15,96
140	6,762	6,762	4,858	1,292	11,53	15,24	10,2	6,76	1,59	15,24	15,85
141	6,762	6,762	4,858	1,292	11,53	15,24	10,15	6,25	1,57	15,24	15,83
142	6,286	6,762	4,858	1,292	11,53	15,24	10,14	5,81	1,55	15,24	15,77
143	6,048	6,762	4,858	1,292	11,53	15,24	10,12	4,3	1,55	15,22	15,77
144	5,334	6,762	4,62	1,292	11,53	15,24	10,05	4,3	1,54	15,22	15,77
145	5,096	6,762	4,62	1,292	11,53	15,24	10,04	4,3	1,52	15,19	15,77
146	4,858	6,762	4,458	1,292	11,53	15,24	10,04	4,3	1,52	15,15	15,77
147	4,62	6,762	3,486	1,194	11	15,24	9,98	4,3	1,5	14,76	15,77
148	4,62	6,762	3,162	1,194	11	15,23	9,97	4,3	1,49	14,57	15,77
149	3,972	6,524	3	1,194	10,6	15,23	9,69	4,3	1,49	13,42	15,77
150	3,648	6,524	2,888	1,194	10,6	15,14	9,38	4,3	1,49	12,25	15,77
151	3,648	6,286	2,888	1,194	10,2	15,04	9,14	4,3	1,49	11,85	15,1
152	3,648	6,048	2,664	1,194	10,2	15	6,76	4,3	1,49	11,84	14,35
153	3,324	6,048	2,552	1,194	10,2	14,48	6,76	4,3	1,49	11,49	14,22
154	2,664	5,334	2,44	1,194	10,2	13,64	6,76	4,3	1,49	11,27	14,18
155	2,552	5,334	1,39	1,194	10,2	13,19	6,76	4,3	1,49	10,84	14,18
156	2,216	5,096	1,292	1,194	10,2	12,59	5,18	4,3	1,49	10,76	14,18
157	2,104	4,458	1,292	1,194	9,8	12,42	4,27	4,3	1,49	10,7	14,18
158	2,104	4,458	1,194	1,194	9,8	12,3	3,42	4,3	1,49	10,62	14,18
159	1,992	4,134	1,194	1,194	9,8	12,22	1,82	4,3	1,48	10,59	14,15
160	1,992	3,162	1,194	1,194	9,8	11,99	1,68	4,3	1,47	10,52	13,67
161	1,992	3	1,194	1,194	9,8	11,88	1,68	4,3	1,45	10,46	13,65
162	1,992	2,888	1,194	1,194	9,8	11,82	1,61	4,3	1,45	10,43	13,65
163	1,992	2,776	1,194	1,194	9,8	10,86	1,59	4,26	1,45	10,42	13,47
164	1,992	2,776	1,194	1,194	9,8	10,72	1,54	4,22	1,44	10,4	12,66
165	1,88	2,776	1,194	1,194	9,8	10,32	1,54	4,18	1,43	10,4	12,45
166	1,88	2,664	1,194	1,194	9,8	10,22	1,52	4,15	1,43	10,4	10,54
167	1,88	2,664	1,194	1,194	9,8	10,22	1,52	4,14	1,43	10,35	10,48
168	1,88	2,664	1,194	1,194	9,8	10,2	1,51	4,14	1,42	10,32	10,2
169	1,88	2,664	1,194	1,194	9,8	10,2	1,51	4,13	1,41	10,3	10,2
170	1,782	1,684	1,194	1,194	9,8	10,2	1,49	4,13	1,41	10,2	10,2
171	1,684	1,292	1,194	1,194	9,4	10,2	1,49	4,13	1,41	10,2	10,2
172	1,684	1,292	1,194	1,194	9,4	10,2	1,49	4,13	1,41	10,2	10,2
173	1,684	1,194	1,194	1,194	9	10,1	1,49	4,13	1,4	10,2	10,2
174	1,586	1,194	1,194	1,194	9	9,67	1,49	4,13	1,4	10,19	10,2
175	1,586	1,096	1,194	1,194	9	9,51	1,49	4,13	1,4	10,17	10,2
176	1,586	1,096	1,194	1,194	8,6	8,81	1,49	4,13	1,4	10,16	10,2
177	1,488	1,096	1,096	1,194	8,2	8,36	1,49	4,13	1,4	10,05	10,2
178	1,39	1,096	1,096	1,194	8,2	7,66	1,49	4,13	1,4	10,01	10,2
179	1,39	1,096	1,096	1,194	8,2	7,4	1,49	4,09	1,4	10,01	10,2
180	1,292	1,096	1,096	1,194	8,2	7,39	1,49	4,07	1,4	10	10,2
181	1,292	1,096	1,096	1,194	8,2	7,34	1,48	4,06	1,4	9,96	10,2
182	1,292	1,096	1,096	1,194	8,2	7,33	1,48	4,04	1,4	9,95	10,2



183	1,292	1,096	1,096	1,194	7,8	7,32	1,48	2,84	1,39	9,91	10,2
184	1,292	1,096	1,096	1,194	7,8	7,32	1,47	2,82	1,39	9,8	10,19
185	1,292	1,096	1,096	1,194	7,8	7,3	1,46	2,52	1,39	9,8	10,19
186	1,292	1,096	1,096	1,194	7,4	7,29	1,45	2,52	1,39	9,35	10,18
187	1,292	1,096	1,096	1,194	7,4	7,27	1,45	2,27	1,39	9,03	10,17
188	1,194	1,096	1,096	1,194	7,4	7,26	1,45	1,72	1,39	8,96	10,16
189	1,194	1,096	1,096	1,194	7,4	7,24	1,45	1,69	1,39	8,64	10,16
190	1,194	1,096	1,096	1,194	7,4	7,2	1,44	1,65	1,39	8,13	10,15
191	1,194	1,096	1,096	1,194	7,4	7,19	1,44	1,63	1,39	7,66	10,14
192	1,194	1,096	1,096	1,194	7,4	7,17	1,44	1,61	1,39	7,62	10,1
193	1,194	1,096	1,096	1,096	7,4	7,13	1,44	1,61	1,39	7,52	9,36
194	1,194	1,096	1,096	1,096	7,4	7,11	1,44	1,57	1,39	7,45	8,66
195	1,194	1,096	1,096	1,096	7,4	7,1	1,44	1,54	1,39	7,19	7,82
196	1,194	1,096	1,096	1,096	7,4	7,06	1,43	1,53	1,39	7,11	6,89
197	1,194	1,096	1,096	1,096	7	7,04	1,43	1,53	1,39	7	6,88
198	1,194	1,096	1,096	1,096	7	7,01	1,43	1,52	1,39	7	6,87
199	1,194	1,096	1,096	1,096	7	7	1,43	1,5	1,39	7	6,87
200	1,194	0,998	1,096	1,096	7	7	1,43	1,49	1,39	7	6,84
201	1,194	0,998	1,096	1,096	7	7	1,43	1,49	1,39	7	6,79
202	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	6,94	1,42	1,49	1,39	7	6,65
203	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	6,94	1,42	1,49	1,39	7	6,58
204	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	6,87	1,42	1,49	1,39	7	6,56
205	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	6,69	1,42	1,49	1,39	7	6,53
206	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	6,36	1,42	1,49	1,39	6,35	6,52
207	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	6	1,42	1,49	1,39	6,34	6,24
208	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	5,88	1,41	1,48	1,39	6,05	4,02
209	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	5,11	1,41	1,48	1,39	5,98	3,79
210	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	5,04	1,41	1,46	1,39	5,82	3,61
211	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	5,02	1,4	1,45	1,39	5,81	3,43
212	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	4,51	1,4	1,45	1,39	5,81	2,95
213	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	4,1	1,4	1,44	1,39	5,65	2,89
214	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	3,83	1,39	1,43	1,39	5,42	2,89
215	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	3,28	1,39	1,42	1,39	4,91	2,89
216	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	3,16	1,39	1,41	1,39	4,79	2,89
217	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	3,16	1,39	1,41	1,39	4,29	2,89
218	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	3,16	1,39	1,41	1,39	4,23	2,63
219	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	3,16	1,39	1,41	1,39	3,62	2,29
220	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	3,16	1,39	1,41	1,39	3,35	1,9
221	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	3,12	1,39	1,41	1,39	3,3	1,53
222	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	2,99	1,39	1,4	1,39	3,21	1,52
223	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	2,97	1,39	1,4	1,39	3,05	1,49
224	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	2,96	1,39	1,4	1,39	3	1,49
225	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	2,89	1,39	1,4	1,39	2,93	1,49
226	1,194	0,998	1,096	1,096	6,762	2,43	1,39	1,4	1,39	2,89	1,49
227	1,194	0,998	0,998	1,096	6,762	2,39	1,39	1,39	1,39	2,89	1,49
228	1,194	0,998	0,998	1,096	6,524	1,66	1,39	1,39	1,39	2,89	1,49
229	1,194	0,998	0,998	1,096	6,524	1,6	1,39	1,39	1,39	2,89	1,48
230	1,194	0,998	0,998	1,096	6,524	1,6	1,39	1,39	1,39	2,89	1,48
231	1,194	0,998	0,998	1,096	6,524	1,58	1,39	1,39	1,39	2,76	1,47
232	1,194	0,998	0,998	1,096	6,524	1,48	1,39	1,39	1,39	1,89	1,45
233	1,194	0,998	0,998	1,096	6,286	1,43	1,39	1,39	1,39	1,84	1,43
234	1,194	0,998	0,998	1,096	6,286	1,43	1,39	1,39	1,39	1,69	1,43
235	1,194	0,998	0,998	1,096	6,048	1,42	1,39	1,39	1,39	1,68	1,42
236	1,194	0,998	0,998	1,096	6,048	1,39	1,39	1,39	1,39	1,68	1,4
237	1,096	0,998	0,998	1,096	5,81	1,39	1,39	1,39	1,39	1,68	1,4
238	1,096	0,998	0,998	1,096	5,81	1,33	1,39	1,39	1,39	1,66	1,4
239	1,096	0,998	0,998	1,096	5,81	1,27	1,39	1,39	1,39	1,63	1,39
240	1,096	0,998	0,998	1,096	5,81	1,26	1,39	1,39	1,39	1,6	1,39
241	1,096	0,998	0,998	1,096	5,81	1,24	1,39	1,39	1,39	1,59	1,39
242	1,096	0,998	0,998	1,096	5,81	1,23	1,39	1,39	1,39	1,59	1,36
243	1,096	0,998	0,998	1,096	5,81	1,2	1,39	1,39	1,39	1,59	1,35
244	1,096	0,998	0,998	1,096	5,81	1,19	1,39	1,39	1,39	1,59	1,32
245	1,096	0,998	0,998	1,096	5,81	1,19	1,39	1,39	1,38	1,59	1,31
246	1,096	0,998	0,998	1,096	5,81	1,19	1,39	1,39	1,38	1,59	1,31
247	1,096	0,998	0,998	1,096	5,572	1,19	1,39	1,39	1,38	1,59	1,29
248	1,096	0,998	0,998	1,096	5,334	1,19	1,39	1,39	1,37	1,58	1,29
249	1,096	0,998	0,998	1,096	5,096	1,19	1,39	1,39	1,35	1,58	1,29
250	1,096	0,998	0,998	1,096	5,096	1,19	1,39	1,39	1,35	1,58	1,29
251	1,096	0,998	0,998	1,096	4,858	1,18	1,39	1,39	1,34	1,58	1,29
252	1,096	0,998	0,998	1,096	4,458	1,18	1,39	1,39	1,34	1,57	pág. 56, 29
253	1,096	0,998	0,998	1,096	4,296	1,18	1,39	1,39	1,34	1,57	1,29



254	1,096	0,998	0,998	1,096	4,296	1,17	1,39	1,39	1,33	1,57	1,29
255	1,096	0,9	0,998	1,096	4,296	1,16	1,39	1,39	1,33	1,56	1,29
256	1,096	0,9	0,998	1,096	4,296	1,15	1,39	1,39	1,33	1,54	1,28
257	1,096	0,9	0,998	1,096	4,296	1,15	1,39	1,39	1,33	1,54	1,27
258	1,096	0,9	0,998	1,096	4,134	1,15	1,39	1,39	1,33	1,54	1,27
259	1,096	0,9	0,998	1,096	4,134	1,15	1,39	1,39	1,31	1,54	1,27
260	1,096	0,9	0,998	1,096	3,648	1,14	1,39	1,39	1,31	1,54	1,26
261	1,096	0,9	0,998	1,096	3,648	1,14	1,39	1,39	1,31	1,53	1,25
262	1,096	0,9	0,998	1,096	3,648	1,14	1,39	1,39	1,29	1,53	1,25
263	1,096	0,9	0,998	1,096	3,486	1,14	1,39	1,39	1,29	1,52	1,24
264	1,096	0,9	0,998	1,096	3,324	1,13	1,39	1,39	1,29	1,52	1,24
265	1,096	0,9	0,998	1,096	3,324	1,12	1,39	1,39	1,29	1,5	1,24
266	1,096	0,9	0,998	1,096	2,888	1,12	1,39	1,39	1,29	1,5	1,24
267	1,096	0,9	0,998	1,096	2,888	1,12	1,39	1,39	1,29	1,49	1,23
268	1,096	0,9	0,998	1,096	2,776	1,11	1,39	1,39	1,29	1,49	1,22
269	1,096	0,9	0,998	1,096	2,664	1,11	1,39	1,39	1,29	1,49	1,22
270	1,096	0,9	0,998	1,096	2,552	1,11	1,39	1,39	1,29	1,49	1,22
271	1,096	0,9	0,998	1,096	2,552	1,1	1,39	1,39	1,29	1,49	1,21
272	1,096	0,9	0,998	1,096	1,88	1,1	1,39	1,39	1,28	1,49	1,21
273	1,096	0,9	0,998	1,096	1,586	1,1	1,39	1,39	1,28	1,49	1,2
274	1,096	0,9	0,998	1,096	1,488	1,1	1,39	1,39	1,27	1,49	1,2
275	1,096	0,9	0,998	1,096	1,488	1,1	1,39	1,39	1,24	1,49	1,2
276	1,096	0,9	0,998	1,096	1,488	1,1	1,39	1,39	1,24	1,49	1,19
277	1,096	0,9	0,998	1,096	1,39	1,1	1,39	1,39	1,22	1,49	1,19
278	0,998	0,9	0,998	1,096	1,39	1,1	1,39	1,39	1,22	1,49	1,19
279	0,998	0,9	0,998	1,096	1,39	1,1	1,39	1,39	1,21	1,49	1,19
280	0,998	0,9	0,998	1,096	1,39	1,1	1,39	1,39	1,21	1,49	1,19
281	0,998	0,9	0,998	1,096	1,39	1,1	1,39	1,39	1,21	1,49	1,19
282	0,998	0,9	0,998	1,096	1,39	1,1	1,39	1,37	1,21	1,49	1,19
283	0,998	0,9	0,998	1,096	1,39	1,1	1,39	1,36	1,2	1,49	1,19
284	0,998	0,9	0,998	1,096	1,39	1,1	1,39	1,36	1,2	1,49	1,19
285	0,998	0,9	0,998	1,096	1,39	1,1	1,39	1,35	1,2	1,49	1,19
286	0,998	0,9	0,998	0,998	1,39	1,1	1,39	1,35	1,19	1,49	1,19
287	0,998	0,9	0,998	0,998	1,39	1,1	1,39	1,33	1,19	1,49	1,19
288	0,998	0,9	0,998	0,998	1,39	1,1	1,39	1,33	1,19	1,49	1,19
289	0,998	0,9	0,998	0,998	1,292	1,1	1,39	1,32	1,19	1,49	1,19
290	0,998	0,9	0,998	0,998	1,292	1,1	1,39	1,31	1,19	1,49	1,19
291	0,998	0,9	0,998	0,998	1,292	1,1	1,39	1,31	1,19	1,49	1,19
292	0,998	0,9	0,998	0,998	1,292	1,1	1,39	1,31	1,19	1,49	1,19
293	0,998	0,9	0,998	0,998	1,292	1,1	1,39	1,31	1,19	1,49	1,19
294	0,998	0,9	0,998	0,998	1,292	1,1	1,39	1,3	1,19	1,49	1,19
295	0,998	0,9	0,998	0,998	1,292	1,1	1,39	1,3	1,19	1,49	1,19
296	0,998	0,9	0,998	0,998	1,292	1,1	1,39	1,3	1,19	1,49	1,19
297	0,998	0,9	0,998	0,998	1,292	1,1	1,39	1,3	1,19	1,49	1,19
298	0,998	0,9	0,998	0,998	1,292	1,1	1,39	1,29	1,19	1,49	1,19
299	0,998	0,9	0,998	0,998	1,292	1,1	1,39	1,29	1,19	1,49	1,19
300	0,998	0,9	0,998	0,998	1,292	1,1	1,39	1,29	1,19	1,49	1,19
301	0,998	0,9	0,998	0,998	1,292	1,1	1,39	1,29	1,19	1,49	1,19
302	0,998	0,9	0,9	0,998	1,292	1,1	1,39	1,29	1,19	1,49	1,19
303	0,998	0,9	0,9	0,998	1,292	1,1	1,39	1,29	1,19	1,49	1,19
304	0,998	0,9	0,9	0,998	1,292	1,1	1,39	1,29	1,19	1,49	1,19
305	0,998	0,9	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,49	1,19
306	0,998	0,9	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,49	1,19
307	0,998	0,9	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,49	1,19
308	0,998	0,9	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,49	1,19
309	0,998	0,9	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,49	1,19
310	0,998	0,9	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,48	1,19
311	0,998	0,9	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,48	1,19
312	0,998	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,48	1,19
313	0,998	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,48	1,19
314	0,998	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,48	1,19
315	0,998	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,47	1,19
316	0,998	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,45	1,19
317	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,43	1,19
318	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,42	1,19
319	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,39	1,17
320	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,39	1,16
321	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,39	1,15
322	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,39	1,13
323	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,39	1,13
324	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,39	1,12



325	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,39	1,29	1,19	1,39	1,11
326	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,38	1,29	1,19	1,39	1,11
327	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,38	1,29	1,19	1,39	1,1
328	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,38	1,29	1,19	1,39	1,1
329	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,37	1,29	1,19	1,39	1,1
330	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,36	1,29	1,19	1,39	1,1
331	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,35	1,29	1,19	1,39	1,1
332	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,35	1,29	1,19	1,39	1,1
333	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,34	1,29	1,19	1,35	1,1
334	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,34	1,29	1,19	1,33	1,1
335	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,34	1,29	1,19	1,29	1,1
336	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,34	1,26	1,19	1,29	1,1
337	0,9	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,34	1,24	1,19	1,29	1,1
338	0,84	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,33	1,19	1,19	1,29	1,1
339	0,84	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,32	1,19	1,19	1,29	1,1
340	0,84	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,32	1,19	1,19	1,29	1,1
341	0,84	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,31	1,19	1,19	1,29	1,1
342	0,84	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,31	1,19	1,19	1,29	1,1
343	0,84	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,31	1,19	1,19	1,2	1,1
344	0,84	0,84	0,9	0,998	1,194	1,1	1,31	1,19	1,19	1,19	1,1
345	0,84	0,84	0,9	0,998	1,194	1,08	1,3	1,19	1,19	1,19	1,1
346	0,84	0,84	0,9	0,9	1,194	1,07	1,3	1,19	1,19	1,19	1,1
347	0,84	0,84	0,9	0,9	1,194	1,07	1,3	1,19	1,19	1,19	1,1
348	0,84	0,84	0,9	0,9	1,096	1,06	1,3	1,19	1,19	1,19	1,1
349	0,84	0,84	0,9	0,9	1,096	1,06	1,3	1,19	1,19	1,19	1,1
350	0,84	0,84	0,9	0,9	1,096	1,04	1,29	1,19	1,19	1,19	1,1
351	0,84	0,84	0,9	0,9	1,096	1,02	1,29	1,19	1,19	1,19	1,1
352	0,84	0,84	0,9	0,9	1,096	1,01	1,29	1,19	1,19	1,19	1,1
353	0,84	0,84	0,9	0,9	0,998	1	1,29	1,19	1,19	1,19	1,1
354	0,84	0,84	0,9	0,9	0,998	1	1,29	1,19	1,19	1,19	1,1
355	0,84	0,84	0,9	0,9	0,998	1	1,29	1,19	1,19	1,19	1,1
356	0,84	0,84	0,9	0,9	0,998	1	1,29	1,19	1,19	1,19	1,1
357	0,84	0,84	0,9	0,9	0,998	1	1,29	1,19	1,19	1,19	1,08
358	0,84	0,84	0,9	0,9	0,998	1	1,29	1,19	1,19	1,15	1,01
359	0,84	0,84	0,9	0,9	0,998	1	1,29	1,19	1,19	1,15	1
360	0,84	0,84	0,9	0,9	0,998	1	1,29	1,11	1,19	1,15	1
361	0,84	0,84	0,84	0,9	0,998	1	1,29	1,1	1,19	1,15	1
362	0,84	0,84	0,84	0,84	0,998	1	1,29	1,1	1,12	1,15	1
363	0,84	0,84	0,84	0,84	0,998	1	1,29	1,1	1,12	1,11	1
364	0,84	0,84	0,84	0,84	0,998	1	1,19	1,1	1,1	1,1	1
365	0,66	0,78	0,84	0,84	0,9	1	1,15	1,1	1,1	1,1	1
366	0	0	0	0,84	0	0	0	1,1	0	0	0

Ilustración 18: Datos diarios de caudal. Fuente [1]

AÑO TIPO:

DIAS	AÑO TIPO
1	41,476
2	39,790
3	38,317
4	36,844
5	35,895
6	34,725
7	33,609
8	32,310
9	31,371
10	31,115
11	30,717
12	30,315

DIAS	AÑO TIPO
13	29,700
14	29,242
15	28,825
16	28,164
17	27,905
18	27,263
19	26,775
20	26,519
21	26,367
22	26,194
23	26,123
24	26,096

DIAS	AÑO TIPO
25	25,935
26	25,786
27	25,774
28	25,445
29	25,434
30	25,094
31	24,587
32	24,460
33	24,274
34	24,238
35	24,175
36	24,069



DIAS	AÑO TIPO
37	24,047
38	23,997
39	23,772
40	23,456
41	23,387
42	23,317
43	23,151
44	23,129
45	23,090
46	22,804
47	22,727
48	22,666
49	22,262
50	22,081
51	21,830
52	21,662
53	21,368
54	21,075
55	20,944
56	20,872
57	20,745
58	20,650
59	20,600
60	20,583
61	20,491
62	20,301
63	20,134
64	20,002
65	19,845
66	19,759
67	19,658
68	19,630
69	19,543
70	19,373
71	19,216
72	19,177
73	19,066
74	18,990
75	18,836
76	18,832
77	18,824
78	18,820
79	18,711
80	18,570
81	18,288
82	17,882

DIAS	AÑO TIPO
83	17,619
84	17,442
85	17,274
86	17,149
87	16,853
88	16,754
89	16,500
90	16,359
91	16,059
92	15,985
93	15,874
94	15,869
95	15,860
96	15,827
97	15,800
98	15,314
99	14,988
100	14,762
101	14,730
102	14,602
103	14,495
104	14,190
105	13,898
106	13,819
107	13,570
108	13,385
109	13,166
110	12,939
111	12,840
112	12,756
113	12,503
114	12,186
115	11,974
116	11,586
117	11,535
118	11,410
119	11,326
120	11,149
121	10,840
122	10,539
123	10,327
124	10,097
125	10,045
126	9,970
127	9,846
128	9,761

DIAS	AÑO TIPO
129	9,705
130	9,582
131	9,341
132	9,069
133	9,045
134	8,909
135	8,840
136	8,825
137	8,817
138	8,788
139	8,747
140	8,735
141	8,680
142	8,589
143	8,426
144	8,333
145	8,305
146	8,265
147	8,056
148	8,006
149	7,745
150	7,562
151	7,376
152	7,045
153	6,914
154	6,679
155	6,494
156	6,227
157	6,019
158	5,915
159	5,716
160	5,543
161	5,509
162	5,484
163	5,364
164	5,267
165	5,197
166	4,999
167	4,988
168	4,957
169	4,953
170	4,844
171	4,763
172	4,763
173	4,708
174	4,659



DÍAS	AÑO TIPO
175	4,634
176	4,533
177	4,428
178	4,351
179	4,324
180	4,312
181	4,302
182	4,298
183	4,147
184	4,133
185	4,103
186	4,023
187	3,969
188	3,902
189	3,868
190	3,813
191	3,766
192	3,755
193	3,667
194	3,591
195	3,487
196	3,390
197	3,341
198	3,337
199	3,334
200	3,321
201	3,317
202	3,276
203	3,270
204	3,261
205	3,242
206	3,152
207	3,093
208	2,852
209	2,755
210	2,716
211	2,695
212	2,605
213	2,547
214	2,500
215	2,402
216	2,380
217	2,334
218	2,305
219	2,219
220	2,159

DÍAS	AÑO TIPO
221	2,117
222	2,095
223	2,076
224	2,071
225	2,058
226	2,012
227	1,999
228	1,911
229	1,905
230	1,905
231	1,890
232	1,800
233	1,767
234	1,754
235	1,729
236	1,725
237	1,694
238	1,687
239	1,678
240	1,674
241	1,672
242	1,668
243	1,664
244	1,661
245	1,659
246	1,659
247	1,635
248	1,612
249	1,589
250	1,589
251	1,565
252	1,528
253	1,513
254	1,511
255	1,501
256	1,497
257	1,496
258	1,481
259	1,479
260	1,433
261	1,432
262	1,430
263	1,413
264	1,398
265	1,395
266	1,355

DÍAS	AÑO TIPO
267	1,353
268	1,341
269	1,331
270	1,321
271	1,319
272	1,257
273	1,230
274	1,220
275	1,217
276	1,216
277	1,205
278	1,197
279	1,196
280	1,196
281	1,196
282	1,194
283	1,192
284	1,192
285	1,191
286	1,181
287	1,179
288	1,179
289	1,170
290	1,169
291	1,169
292	1,169
293	1,169
294	1,168
295	1,168
296	1,168
297	1,168
298	1,167
299	1,167
300	1,167
301	1,167
302	1,158
303	1,158
304	1,158
305	1,149
306	1,149
307	1,149
308	1,149
309	1,149
310	1,148
311	1,148
312	1,143



DÍAS	AÑO TIPO	DÍAS	AÑO TIPO
314	1,143	340	1,087
315	1,142	341	1,087
316	1,140	342	1,087
317	1,129	343	1,078
318	1,128	344	1,077
319	1,124	345	1,075
320	1,123	346	1,065
321	1,122	347	1,065
322	1,120	348	1,055
323	1,120	349	1,055
324	1,119	350	1,052
325	1,118	351	1,051
326	1,117	352	1,050
327	1,117	353	1,040
328	1,117	354	1,040
329	1,116	355	1,040
330	1,115	356	1,040
331	1,114	357	1,038
332	1,114	358	1,028
333	1,109	359	1,027
334	1,107	360	1,020
335	1,104	361	1,013
336	1,101	362	1,002
337	1,099	363	0,998
338	1,088	364	0,986
339	1,087	365	0,952
		366	0,176

Ilustración 19. Año tipo hidrológico. Fuente [1]

Para poder hacernos una idea de los caudales de nuestro Año Tipo, los clasificaremos en una curva, forma vistosa y rápida de hacernos una idea de la magnitud y variación del caudal a lo largo del año. El caudal disponible corresponde al caudal descontando el caudal ecológico.

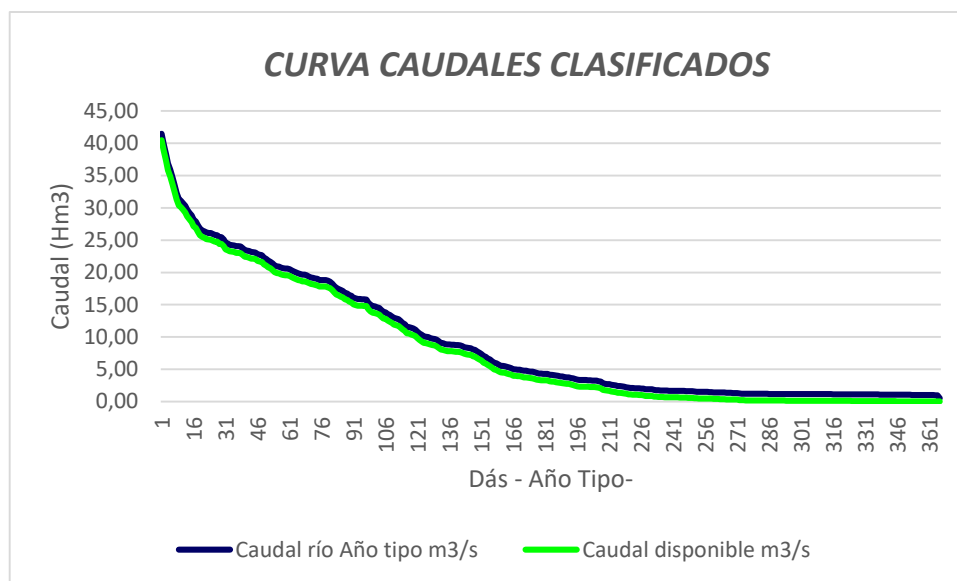


Ilustración 20: Caudales clasificados. Fuente [1]

De esta curva obtenemos información visual directa de la cantidad de agua disponible y de la cantidad de volumen que se puede turbinar. Estos datos de caudal se corresponden con la instalación de una turbina Kaplan junto con el salto disponible pero como más tarde explicaré la turbina seleccionada es la Michel-Banki.

3.7 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE CAUDALES

Caudal ECOLÓGICO		1,02m³/s	
Caudal DISEÑO		9m³/s	
Turbina 1	Turbina 2	6 m³/s	3 m³/s
Caudal SERVIDUMBRE		0	

La central está diseñada para turbinar 9m³/s entre las dos turbinas para aumentar las horas de funcionamiento y obtener más rendimiento de los caudales bajos y además en caso de avería o fallo en una de ellas podremos seguir turbinando con la restante.

La decisión de instalar dos turbinas viene por que disponemos de un caudal elevado en los meses de verano y lo que queremos es tener la central en funcionamiento el máximo de horas posible con la menor inversión. Para no desaprovechar la energía, como la eficiencia baja muchísimo cuando baja el índice de carga el caudal de las turbinas está pensado para que cuando el índice de carga de la grande sea lo demasiado pequeño para turbinar se quede la pequeña al 100% de carga.



4. APROVECHAMIENTO DEL RECURSO

4.1 GESTIÓN DE CAUDALES

Recientemente he comentado la decisión de instalar dos turbinas, el criterio principal fue el de establecer un caudal con el que obtuviera la mayor energía anual posible con una magnitud del caudal real, es tener que hacer una gran obra civil para que el coste no se disparase. Este caudal seleccionado es de $9 \text{ m}^3/\text{s}$ y para la dimensión de las dos turbinas de decidió que tuvieran una relación de $2/3$ y $1/3$ de dicho caudal.

En la siguiente tabla demostrare los datos elegidos según el Año Tipo y definiré bien los parámetros para una perfecta comprensión.

- Días: corresponde al orden anual de mayor a menor de los caudales.
- Caudal Año tipo (m^3/s): caudales ordenados del río de nuestro Año Tipo.
- Cauda disponible: caudal el cual podría ser turbinado, se ha descontado el caudal ecológico.
- Caudal turbinado 1 y 2: caudal que está siendo turbinado por cada una de las turbinas.
- Índice de carga 1 y 2: índice de carga correspondiente a cada turbina.
- Rendimiento de turbina 1 y 2: rendimiento correspondiente a cada una de las turbinas determinada por el índice de carga de cada una.
- Rendimiento de los generadores 1 y 2: rendimiento correspondiente a cada uno de los generadores determinados por el índice de carga de cada una.
- Potencia eléctrica: potencia eléctrica obtenida en la instalación, es decir la suma de potencia de las turbinas.
- Potencia eléctrica T.1.: potencia eléctrica obtenida en la turbina 1.
- Potencia eléctrica T.2.: potencia eléctrica obtenida en la turbina 2.
- Energía Fluyente (kWh): energía producida en kWh por nuestra central.



Días	Caudal río Año tipo m3/s	Caudal disponible m3/s	Caudal 1 turbinado m3/s	Caudal 2 turbinado m3/s	Índice carga 1 %	Índice carga 2 %	Rendimiento Turbina 1 %	Rendimiento Generador 1 %	Rendimiento Turbina 2 %	Rendimiento Generador 2 %	Azud ON neumatico (m)	Salto neto m	Potencia Eléctrica kW	P. T1 Eléctrica kW	P. T2 Eléctrica kW
1	41,48	40,46	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,09	315,90	210,27	105,31
2	39,79	38,77	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,11	317,69	211,46	105,90
3	38,32	37,30	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,13	319,29	212,53	106,43
4	36,84	35,82	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,15	320,91	213,61	106,98
5	35,89	34,87	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,17	321,98	214,32	107,33
6	34,73	33,71	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,18	323,32	215,21	107,78
7	33,61	32,59	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,20	324,61	216,07	108,21
8	32,31	31,29	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,22	326,15	217,10	108,72
9	31,37	30,35	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,23	327,28	217,85	109,10
10	31,11	30,09	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,24	327,59	218,05	109,20
11	30,72	29,70	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,24	328,07	218,38	109,36
12	30,31	29,29	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,25	328,57	218,71	109,53
13	29,70	28,68	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,26	329,33	219,21	109,78
14	29,24	28,22	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,27	329,90	219,59	109,97
15	28,83	27,81	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,28	330,42	219,94	110,15
16	28,16	27,14	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,29	331,26	220,50	110,42
17	27,90	26,88	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,29	331,59	220,72	110,53
18	27,26	26,24	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,30	332,41	221,26	110,81
19	26,78	25,76	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,31	333,04	221,68	111,02
20	26,52	25,50	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,31	333,38	221,91	111,13
21	26,37	25,35	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,32	333,58	222,04	111,20
22	26,19	25,17	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,32	333,80	222,19	111,27
23	26,12	25,10	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,32	333,90	222,25	111,30
24	26,10	25,08	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,32	333,93	222,28	111,32
25	25,93	24,91	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,32	334,14	222,42	111,39
26	25,79	24,77	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,33	334,34	222,55	111,45
27	25,77	24,75	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,33	334,36	222,56	111,46
28	25,45	24,43	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,33	334,79	222,85	111,60
29	25,43	24,41	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	OFF	4,33	334,81	222,86	111,61
30	25,09	24,07	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,09	393,23	261,74	131,08



Días	Caudal río Año tipo m3/s	Caudal disponible m3/s	Caudal 1 turbinado m3/s	Caudal 2 turbinado m3/s	Índice carga 1 %	Índice carga 2 %	Rendimiento Turbina 1 %	Rendimiento Generador 1 %	Rendimiento Turbina 2 %	Rendimiento Generador 2 %	Azud ON <i>neumatico (m)</i>	Salto neto m	Potencia Eléctrica kW	P. T1 Eléctrica kW	P. T2 Eléctrica kW	Energía Fluyente kWh
31	24,59	23,57	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,10	393,90	262,20	131,31	9.454
32	24,46	23,44	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,10	394,08	262,31	131,36	9.458
33	24,27	23,25	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,10	394,33	262,48	131,45	9.464
34	24,24	23,22	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,10	394,38	262,51	131,46	9.465
35	24,18	23,16	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,10	394,46	262,57	131,49	9.467
36	24,07	23,05	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,11	394,61	262,66	131,54	9.471
37	24,05	23,03	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,11	394,63	262,68	131,55	9.471
38	24,00	22,98	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,11	394,70	262,73	131,57	9.473
39	23,77	22,75	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,11	395,01	262,93	131,68	9.480
40	23,46	22,44	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,12	395,44	263,22	131,82	9.491
41	23,39	22,37	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,12	395,54	263,28	131,85	9.493
42	23,32	22,30	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,12	395,63	263,35	131,88	9.495
43	23,15	22,13	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,12	395,86	263,50	131,96	9.501
44	23,13	22,11	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,12	395,89	263,52	131,97	9.501
45	23,09	22,07	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,12	395,94	263,55	131,99	9.503
46	22,80	21,78	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,13	396,34	263,82	132,12	9.512
47	22,73	21,71	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,13	396,45	263,89	132,15	9.515
48	22,67	21,65	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,13	396,53	263,94	132,18	9.517
49	22,26	21,24	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,14	397,09	264,32	132,37	9.530
50	22,08	21,06	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,14	397,35	264,49	132,45	9.536
51	21,83	20,81	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,15	397,70	264,72	132,57	9.545
52	21,66	20,64	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,15	397,94	264,88	132,65	9.550
53	21,37	20,35	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,15	398,35	265,16	132,79	9.560
54	21,08	20,06	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,16	398,77	265,43	132,93	9.570
55	20,94	19,92	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,16	398,96	265,56	132,99	9.575
56	20,87	19,85	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,16	399,06	265,63	133,03	9.577
57	20,75	19,73	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,17	399,24	265,75	133,09	9.582
58	20,65	19,63	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,17	399,38	265,84	133,13	9.585
59	20,60	19,58	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,17	399,45	265,89	133,16	9.587
60	20,58	19,56	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,17	399,47	265,90	133,16	9.587
61	20,49	19,47	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,17	399,60	265,99	133,21	9.590
62	20,30	19,28	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,17	399,88	266,17	133,30	9.597
63	20,13	19,11	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,18	400,12	266,33	133,38	9.603
64	20,00	18,98	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,18	400,31	266,46	133,44	9.607
65	19,84	18,82	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,18	400,54	266,61	133,52	9.613
66	19,76	18,74	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,18	400,66	266,69	133,56	9.616



Días	Caudal río Año tipo m3/s	Caudal disponible m3/s	Caudal 1 turbinado m3/s	Caudal 2 turbinado m3/s	Índice carga 1 %	Índice carga 2 %	Rendimiento Turbina 1 %	Rendimiento Generador 1 %	Rendimiento Turbina 2 %	Rendimiento Generador 2 %	Azud ON neumatico (m)	Salto neto m	Potencia Eléctrica kW	P. T1 Eléctrica kW	P. T2 Eléctrica kW	Energía Fluyente kWh
67	19,66	18,64	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,19	400,81	266,79	133,61	9.619
68	19,63	18,61	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,19	400,85	266,82	133,62	9.620
69	19,54	18,52	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,19	400,98	266,90	133,67	9.623
70	19,37	18,35	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,19	401,23	267,07	133,75	9.629
71	19,22	18,20	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,19	401,46	267,22	133,83	9.635
72	19,18	18,16	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,20	401,51	267,26	133,84	9.636
73	19,07	18,05	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,20	401,68	267,37	133,90	9.640
74	18,99	17,97	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,20	401,79	267,44	133,94	9.643
75	18,84	17,82	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,20	402,02	267,60	134,01	9.648
76	18,83	17,81	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,20	402,02	267,60	134,01	9.649
77	18,82	17,80	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,20	402,04	267,61	134,02	9.649
78	18,82	17,80	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,20	402,04	267,61	134,02	9.649
79	18,71	17,69	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,20	402,20	267,72	134,07	9.653
80	18,57	17,55	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,21	402,41	267,86	134,14	9.658
81	18,29	17,27	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,21	402,83	268,14	134,28	9.668
82	17,88	16,86	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,22	403,44	268,54	134,49	9.682
83	17,62	16,60	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,23	403,83	268,80	134,62	9.692
84	17,44	16,42	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,23	404,10	268,98	134,71	9.698
85	17,27	16,25	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,23	404,36	269,15	134,79	9.705
86	17,15	16,13	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,23	404,55	269,28	134,85	9.709
87	16,85	15,83	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,24	404,99	269,58	135,00	9.720
88	16,75	15,73	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,24	405,15	269,68	135,05	9.723
89	16,50	15,48	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,25	405,54	269,94	135,18	9.733
90	16,36	15,34	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,25	405,75	270,08	135,26	9.738
91	16,06	15,04	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,26	406,22	270,39	135,41	9.749
92	15,99	14,97	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,26	406,33	270,47	135,45	9.752
93	15,87	14,85	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,26	406,50	270,58	135,51	9.756
94	15,87	14,85	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,26	406,51	270,59	135,51	9.756
95	15,86	14,84	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,26	406,52	270,60	135,51	9.757
96	15,83	14,81	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,26	406,57	270,63	135,53	9.758
97	15,80	14,78	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,26	406,62	270,66	135,55	9.759
98	15,31	14,29	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,27	407,37	271,16	135,80	9.777
99	14,99	13,97	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,28	407,89	271,50	135,97	9.789
100	14,76	13,74	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,28	408,24	271,74	136,09	9.798
101	14,73	13,71	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,28	408,29	271,77	136,10	9.799
102	14,60	13,58	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,29	408,50	271,91	136,17	9.804



Días	Caudal río Año tipo m3/s	Caudal disponible m3/s	Caudal 1 turbinado m3/s	Caudal 2 turbinado m3/s	Índice carga 1 %	Índice carga 2 %	Rendimiento Turbina 1 %	Rendimiento Generador 1 %	Rendimiento Turbina 2 %	Rendimiento Generador 2 %	Azud ON neumatico (m)	Salto neto m	Potencia Eléctrica kW	P. T1 Eléctrica kW	P. T2 Eléctrica kW	Energía Fluyente kWh
103	14,50	13,48	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,29	408,67	272,02	136,23	9.808
104	14,19	13,17	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,29	409,15	272,34	136,39	9.820
105	13,90	12,88	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,30	409,62	272,65	136,55	9.831
106	13,82	12,80	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,30	409,74	272,74	136,59	9.834
107	13,57	12,55	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,31	410,14	273,01	136,72	9.843
108	13,39	12,37	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,31	410,44	273,20	136,82	9.851
109	13,17	12,15	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,32	410,80	273,44	136,94	9.859
110	12,94	11,92	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,32	411,17	273,69	137,06	9.868
111	12,84	11,82	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,32	411,33	273,79	137,12	9.872
112	12,76	11,74	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,32	411,46	273,88	137,16	9.875
113	12,50	11,48	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,33	411,88	274,16	137,30	9.885
114	12,19	11,17	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,34	412,40	274,51	137,47	9.898
115	11,97	10,95	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,34	412,75	274,74	137,59	9.906
116	11,59	10,57	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,35	413,39	275,17	137,80	9.921
117	11,53	10,51	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,35	413,48	275,23	137,83	9.924
118	11,41	10,39	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,35	413,69	275,36	137,90	9.929
119	11,33	10,31	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,35	413,83	275,46	137,95	9.932
120	11,15	10,13	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,36	414,12	275,65	138,05	9.939
121	10,84	9,82	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,36	414,64	276,00	138,22	9.951
122	10,54	9,52	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,37	415,15	276,34	138,39	9.964
123	10,33	9,31	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,38	415,51	276,58	138,51	9.972
124	10,10	9,08	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,38	415,90	276,84	138,64	9.982
125	10,04	9,02	6,00	3,00	100%	100%	89,63%	97,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,38	415,99	276,90	138,67	9.984
126	9,97	8,95	5,95	3,00	99%	100%	89,70%	97,60%	89,93%	97,45%	0,75	5,38	414,02	274,87	138,72	9.936
127	9,85	8,83	5,83	3,00	97%	100%	89,85%	97,56%	89,93%	97,45%	0,75	5,39	408,92	269,68	138,82	9.814
128	9,76	8,74	5,74	3,00	96%	100%	89,93%	97,54%	89,93%	97,45%	0,75	5,39	405,34	266,04	138,89	9.728
129	9,70	8,68	5,68	3,00	95%	100%	90,00%	97,52%	89,93%	97,45%	0,75	5,39	403,02	263,68	138,93	9.673
130	9,58	8,56	5,56	3,00	93%	100%	89,85%	97,48%	89,93%	97,45%	0,75	5,40	397,05	257,61	139,03	9.529
131	9,34	8,32	5,32	3,00	89%	100%	89,55%	97,40%	89,93%	97,45%	0,75	5,40	385,37	245,76	139,22	9.249
132	9,07	8,05	5,05	3,00	84%	100%	89,18%	97,30%	89,93%	97,45%	0,75	5,41	372,14	232,34	139,43	8.931
133	9,04	8,02	5,02	3,00	84%	100%	89,18%	97,30%	89,93%	97,45%	0,75	5,41	371,07	231,25	139,45	8.906
134	8,91	7,89	4,89	3,00	81%	100%	88,95%	97,24%	89,93%	97,45%	0,75	5,42	364,38	224,46	139,55	8.745
135	8,84	7,82	4,82	3,00	80%	100%	88,88%	97,22%	89,93%	97,45%	0,75	5,42	361,13	221,16	139,60	8.667
136	8,82	7,80	4,80	3,00	80%	100%	88,88%	97,22%	89,93%	97,45%	0,75	5,42	360,45	220,47	139,61	8.651
137	8,82	7,80	4,80	3,00	80%	100%	88,88%	97,22%	89,93%	97,45%	0,75	5,42	360,13	220,15	139,62	8.643



Días	Caudal río Año tipo m3/s	Caudal disponible m3/s	Caudal 1 turbinado m3/s	Caudal 2 turbinado m3/s	Índice carga 1 %	Índice carga 2 %	Rendimiento Turbina 1 %	Rendimiento Generador 1 %	Rendimiento Turbina 2 %	Rendimiento Generador 2 %	Azud ON neumatico (m)	Salto neto m	Potencia Eléctrica kW	P. T1 Eléctrica kW	P. T2 Eléctrica kW	Energía Fluyente kWh
138	8,79	7,77	4,77	3,00	79%	100%	88,80%	97,20%	89,93%	97,45%	0,75	5,42	358,59	218,58	139,64	8.606
139	8,75	7,73	4,73	3,00	79%	100%	88,80%	97,20%	89,93%	97,45%	0,75	5,42	356,79	216,76	139,67	8.563
140	8,73	7,71	4,71	3,00	79%	100%	88,80%	97,20%	89,93%	97,45%	0,75	5,42	356,27	216,23	139,68	8.551
141	8,68	7,66	4,66	3,00	78%	100%	88,73%	97,18%	89,93%	97,45%	0,75	5,42	353,65	213,56	139,72	8.488
142	8,59	7,57	4,57	3,00	76%	100%	88,58%	97,14%	89,93%	97,45%	0,75	5,43	349,19	209,04	139,79	8.380
143	8,43	7,41	4,41	3,00	73%	100%	89,77%	97,08%	89,93%	97,45%	0,75	5,43	344,64	204,37	139,92	8.271
144	8,33	7,31	4,31	3,00	72%	100%	89,70%	97,06%	89,93%	97,45%	0,75	5,43	340,25	199,91	139,99	8.166
145	8,31	7,29	4,29	3,00	71%	100%	89,62%	97,04%	89,93%	97,45%	0,75	5,43	338,83	198,48	140,01	8.132
146	8,27	7,25	4,25	3,00	71%	100%	89,62%	97,04%	89,93%	97,45%	0,75	5,44	337,05	196,67	140,04	8.089
147	8,06	7,04	4,04	3,00	67%	100%	89,32%	96,96%	89,93%	97,45%	0,75	5,44	326,90	186,38	140,19	7.846
148	8,01	6,99	3,99	3,00	66%	100%	89,25%	96,94%	89,93%	97,45%	0,75	5,44	324,51	183,95	140,23	7.788
149	7,74	6,72	3,72	3,00	62%	100%	88,95%	96,86%	89,93%	97,45%	0,75	5,45	312,13	171,39	140,42	7.491
150	7,56	6,54	3,54	3,00	59%	100%	88,72%	96,80%	89,93%	97,45%	0,75	5,46	303,50	162,64	140,55	7.284
151	7,38	6,36	3,36	3,00	56%	100%	88,50%	96,74%	89,93%	97,45%	0,75	5,46	294,74	153,75	140,69	7.074
152	7,04	6,02	3,02	3,00	50%	100%	88,05%	96,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,47	279,15	137,94	140,92	6.700
153	6,91	5,89	2,89	3,00	48%	100%	87,90%	96,58%	89,93%	97,45%	0,75	5,47	273,09	131,79	141,02	6.554
154	6,68	5,66	2,66	3,00	44%	100%	87,60%	96,50%	89,93%	97,45%	0,75	5,48	262,17	120,72	141,18	6.292
155	6,49	5,47	2,47	3,00	41%	100%	87,37%	96,44%	89,93%	97,45%	0,75	5,48	253,61	112,03	141,31	6.087
156	6,23	5,21	2,21	3,00	37%	100%	87,07%	96,36%	89,93%	97,45%	0,75	5,49	241,41	99,67	141,50	5.794
157	6,02	5,00	2,00	3,00	33%	100%	86,90%	96,28%	89,93%	97,45%	0,75	5,50	231,98	90,11	141,64	5.568
158	5,91	4,89	1,89	3,00	32%	100%	86,88%	96,26%	89,93%	97,45%	0,75	5,50	227,34	85,40	141,71	5.456
159	5,72	4,70	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,51	142,04	0,00	141,90	3.409
160	5,54	4,52	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,51	142,15	0,00	142,01	3.412
161	5,51	4,49	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,51	142,17	0,00	142,03	3.412
162	5,48	4,46	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,51	142,19	0,00	142,04	3.412
163	5,36	4,34	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,52	142,26	0,00	142,12	3.414
164	5,27	4,25	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,52	142,32	0,00	142,18	3.416
165	5,20	4,18	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,52	142,36	0,00	142,22	3.417
166	5,00	3,98	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,52	142,49	0,00	142,34	3.420
167	4,99	3,97	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,53	142,49	0,00	142,35	3.420
168	4,96	3,94	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,53	142,51	0,00	142,37	3.420
169	4,95	3,93	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,53	142,51	0,00	142,37	3.420
170	4,84	3,82	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,53	142,58	0,00	142,44	3.422
171	4,76	3,74	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,53	142,63	0,00	142,49	3.423
172	4,76	3,74	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,53	142,63	0,00	142,49	3.423
173	4,71	3,69	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,53	142,67	0,00	142,52	3.424



Días	Caudal río Año tipo m3/s	Caudal disponible m3/s	Caudal 1 turbinado m3/s	Caudal 2 turbinado m3/s	Índice carga 1 %	Índice carga 2 %	Rendimiento Turbina 1 %	Rendimiento Generador 1 %	Rendimiento Turbina 2 %	Rendimiento Generador 2 %	Azud ON neumatico (m)	Salto neto m	Potencia Eléctrica kW	<i>P. T1 Eléctrica kW</i>	<i>P. T2 Eléctrica kW</i>	Energía Fluyente kWh
174	4,66	3,64	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,53	142,70	0,00	142,55	3.425
175	4,63	3,61	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,53	142,71	0,00	142,57	3.425
176	4,53	3,51	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,54	142,78	0,00	142,63	3.427
177	4,43	3,41	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,54	142,84	0,00	142,70	3.428
178	4,35	3,33	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,54	142,89	0,00	142,74	3.429
179	4,32	3,30	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,54	142,91	0,00	142,76	3.430
180	4,31	3,29	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,54	142,91	0,00	142,77	3.430
181	4,30	3,28	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,54	142,92	0,00	142,77	3.430
182	4,30	3,28	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,54	142,92	0,00	142,78	3.430
183	4,15	3,13	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,55	143,02	0,00	142,87	3.432
184	4,13	3,11	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,55	143,03	0,00	142,88	3.433
185	4,10	3,08	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,55	143,04	0,00	142,90	3.433
186	4,02	3,00	0,00	3,00	0%	100%	0,00%	95,62%	89,93%	97,45%	0,75	5,55	143,10	0,00	142,95	3.434
187	3,97	2,95	0,00	2,95	0%	98%	0,00%	95,62%	90,08%	97,41%	0,75	5,55	140,87	0,00	140,73	3.381
188	3,90	2,88	0,00	2,88	0%	96%	0,00%	95,62%	90,23%	97,37%	0,75	5,55	137,88	0,00	137,74	3.309
189	3,87	2,85	0,00	2,85	0%	95%	0,00%	95,62%	90,30%	97,35%	0,75	5,55	136,37	0,00	136,23	3.273
190	3,81	2,79	0,00	2,79	0%	93%	0,00%	95,62%	90,15%	97,31%	0,75	5,55	133,47	0,00	133,34	3.203
191	3,77	2,75	0,00	2,75	0%	92%	0,00%	95,62%	90,08%	97,29%	0,75	5,55	131,15	0,00	131,02	3.148
192	3,76	2,74	0,00	2,74	0%	91%	0,00%	95,62%	90,00%	97,27%	0,75	5,56	130,50	0,00	130,37	3.132
193	3,67	2,65	0,00	2,65	0%	88%	0,00%	95,62%	89,78%	97,21%	0,75	5,56	125,91	0,00	125,78	3.022
194	3,59	2,57	0,00	2,57	0%	86%	0,00%	95,62%	89,63%	97,17%	0,75	5,56	122,11	0,00	121,98	2.931
195	3,49	2,47	0,00	2,47	0%	82%	0,00%	95,62%	89,33%	97,09%	0,75	5,56	116,75	0,00	116,63	2.802
196	3,39	2,37	0,00	2,37	0%	79%	0,00%	95,62%	89,10%	97,03%	0,75	5,56	111,85	0,00	111,73	2.684
197	3,34	2,32	0,00	2,32	0%	77%	0,00%	95,62%	88,95%	96,99%	0,75	5,57	109,32	0,00	109,21	2.624
198	3,34	2,32	0,00	2,32	0%	77%	0,00%	95,62%	88,95%	96,99%	0,75	5,57	109,11	0,00	109,00	2.619
199	3,33	2,31	0,00	2,31	0%	77%	0,00%	95,62%	88,95%	96,99%	0,75	5,57	108,99	0,00	108,87	2.616
200	3,32	2,30	0,00	2,30	0%	77%	0,00%	95,62%	88,95%	96,99%	0,75	5,57	108,40	0,00	108,29	2.602
201	3,32	2,30	0,00	2,30	0%	77%	0,00%	95,62%	88,95%	96,99%	0,75	5,57	108,19	0,00	108,08	2.597
202	3,28	2,26	0,00	2,26	0%	75%	0,00%	95,62%	88,80%	96,95%	0,75	5,57	106,07	0,00	105,96	2.546
203	3,27	2,25	0,00	2,25	0%	75%	0,00%	95,62%	88,80%	96,95%	0,75	5,57	105,77	0,00	105,66	2.538
204	3,26	2,24	0,00	2,24	0%	75%	0,00%	95,62%	88,80%	96,95%	0,75	5,57	105,39	0,00	105,28	2.529
205	3,24	2,22	0,00	2,22	0%	74%	0,00%	95,62%	88,73%	96,93%	0,75	5,57	104,39	0,00	104,28	2.505
206	3,15	2,13	0,00	2,13	0%	71%	0,00%	95,62%	88,50%	96,87%	0,75	5,57	99,89	0,00	99,79	2.397
207	3,09	2,07	0,00	2,07	0%	69%	0,00%	95,62%	88,35%	96,83%	0,75	5,57	96,94	0,00	96,84	2.327
208	2,85	1,83	0,00	1,83	0%	61%	0,00%	95,62%	87,75%	96,67%	0,75	5,58	85,04	0,00	84,96	2.041
209	2,76	1,74	0,00	1,74	0%	58%	0,00%	95,62%	87,58%	96,61%	0,75	5,58	80,35	0,00	80,27	1.928



Días	Caudal río Año tipo m3/s	Caudal disponible m3/s	Caudal 1 turbinado m3/s	Caudal 2 turbinado m3/s	Índice carga 1 %	Índice carga 2 %	Rendimiento Turbina 1 %	Rendimiento Generador 1 %	Rendimiento Turbina 2 %	Rendimiento Generador 2 %	Azud ON neumatico (m)	Salto neto m	Potencia Eléctrica kW	<i>P. T1 Eléctrica kW</i>	<i>P. T2 Eléctrica kW</i>	Energía Fluyente kWh
210	2,72	1,70	0,00	1,70	0%	57%	0,00%	95,62%	87,50%	96,59%	0,75	5,58	78,47	0,00	78,39	1.883
211	2,70	1,68	0,00	1,68	0%	56%	0,00%	95,62%	87,43%	96,57%	0,75	5,58	77,43	0,00	77,35	1.858
212	2,61	1,59	0,00	1,59	0%	53%	0,00%	95,62%	87,20%	96,51%	0,75	5,58	73,07	0,00	72,99	1.754
213	2,55	1,53	0,00	1,53	0%	51%	0,00%	95,62%	87,05%	96,47%	0,75	5,58	70,25	0,00	70,18	1.686
214	2,50	1,48	0,00	1,48	0%	49%	0,00%	95,62%	86,90%	96,43%	0,75	5,59	67,95	0,00	67,88	1.631
215	2,40	1,38	0,00	1,38	0%	46%	0,00%	95,62%	86,68%	96,37%	0,75	5,59	63,30	0,00	63,24	1.519
216	2,38	1,36	0,00	1,36	0%	45%	0,00%	95,62%	86,65%	96,35%	0,75	5,59	62,24	0,00	62,17	1.494
217	2,33	1,31	0,00	1,31	0%	44%	0,00%	95,62%	86,58%	96,33%	0,75	5,59	60,11	0,00	60,04	1.443
218	2,31	1,29	0,00	1,29	0%	43%	0,00%	95,62%	86,50%	96,31%	0,75	5,59	58,72	0,00	58,66	1.409
219	2,22	1,20	0,00	1,20	0%	40%	0,00%	95,62%	86,28%	96,25%	0,75	5,59	54,62	0,00	54,56	1.311
220	2,16	1,14	0,00	1,14	0%	38%	0,00%	95,62%	86,13%	96,21%	0,75	5,59	51,79	0,00	51,73	1.243
221	2,12	1,10	0,00	1,10	0%	37%	0,00%	95,62%	86,05%	96,19%	0,75	5,60	49,84	0,00	49,79	1.196
222	2,10	1,08	0,00	1,08	0%	36%	0,00%	95,62%	85,98%	96,17%	0,75	5,60	48,80	0,00	48,75	1.171
223	2,08	1,06	0,00	1,06	0%	35%	0,00%	95,62%	85,90%	96,15%	0,75	5,60	47,89	0,00	47,84	1.149
224	2,07	1,05	0,00	1,05	0%	35%	0,00%	95,62%	85,90%	96,15%	0,75	5,60	47,64	0,00	47,59	1.143
225	2,06	1,04	0,00	1,04	0%	35%	0,00%	95,62%	85,90%	96,15%	0,75	5,60	47,07	0,00	47,02	1.130
226	2,01	0,99	0,00	0,99	0%	33%	0,00%	95,62%	85,75%	96,11%	0,75	5,60	44,92	0,00	44,87	1.078
227	2,00	0,98	0,00	0,98	0%	33%	0,00%	95,62%	85,75%	96,11%	0,75	5,60	44,31	0,00	44,26	1.063
228	1,91	0,89	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	0,75	5,60	0,00	0,00	0,00	0
229	1,90	0,88	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	0,75	5,60	0,00	0,00	0,00	0
230	1,90	0,88	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	0,75	5,60	0,00	0,00	0,00	0
231	1,89	0,87	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	0,75	5,60	0,00	0,00	0,00	0
232	1,80	0,78	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,85	0,00	0,00	0,00	0
233	1,77	0,75	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,85	0,00	0,00	0,00	0
234	1,75	0,73	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,85	0,00	0,00	0,00	0
235	1,73	0,71	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
236	1,72	0,70	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
237	1,69	0,67	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
238	1,69	0,67	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
239	1,68	0,66	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
240	1,67	0,65	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
241	1,67	0,65	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
242	1,67	0,65	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
243	1,66	0,64	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
244	1,66	0,64	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
245	1,66	0,64	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0



Días	Caudal río Año tipo m3/s	Caudal disponible m3/s	Caudal 1 turbinado m3/s	Caudal 2 turbinado m3/s	Índice carga 1 %	Índice carga 2 %	Rendimiento Turbina 1 %	Rendimiento Generador 1 %	Rendimiento Turbina 2 %	Rendimiento Generador 2 %	Azud ON <i>neumatico (m)</i>	Salto neto m	Potencia Eléctrica kW	P. T1 Eléctrica kW	P. T2 Eléctrica kW	Energía Fluyente kWh
246	1,66	0,64	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
247	1,64	0,62	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
248	1,61	0,59	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
249	1,59	0,57	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
250	1,59	0,57	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
251	1,57	0,55	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
252	1,53	0,51	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
253	1,51	0,49	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
254	1,51	0,49	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
255	1,50	0,48	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
256	1,50	0,48	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
257	1,50	0,48	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
258	1,48	0,46	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
259	1,48	0,46	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
260	1,43	0,41	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
261	1,43	0,41	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
262	1,43	0,41	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
263	1,41	0,39	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
264	1,40	0,38	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
265	1,39	0,37	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,86	0,00	0,00	0,00	0
266	1,36	0,34	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
267	1,35	0,33	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
268	1,34	0,32	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
269	1,33	0,31	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
270	1,32	0,30	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
271	1,32	0,30	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
272	1,26	0,24	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
273	1,23	0,21	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
274	1,22	0,20	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
275	1,22	0,20	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
276	1,22	0,20	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
277	1,21	0,19	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
278	1,20	0,18	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
279	1,20	0,18	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
280	1,20	0,18	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
281	1,20	0,18	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0

[illegible]



318	1,13	0,11	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
319	1,12	0,10	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
320	1,12	0,10	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
321	1,12	0,10	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
322	1,12	0,10	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
323	1,12	0,10	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
324	1,12	0,10	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
325	1,12	0,10	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
326	1,12	0,10	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
327	1,12	0,10	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
328	1,12	0,10	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
329	1,12	0,10	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
330	1,11	0,09	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
331	1,11	0,09	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
332	1,11	0,09	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
333	1,11	0,09	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
334	1,11	0,09	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
335	1,10	0,08	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
336	1,10	0,08	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
337	1,10	0,08	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
338	1,09	0,07	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
339	1,09	0,07	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
340	1,09	0,07	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
341	1,09	0,07	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
342	1,09	0,07	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
343	1,08	0,06	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
344	1,08	0,06	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
345	1,07	0,05	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
346	1,06	0,04	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
347	1,06	0,04	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
348	1,06	0,04	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
349	1,06	0,04	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
350	1,05	0,03	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
351	1,05	0,03	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
352	1,05	0,03	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
353	1,04	0,02	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0



354	1,04	0,02	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
355	1,04	0,02	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
356	1,04	0,02	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
357	1,04	0,02	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
358	1,03	0,01	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
359	1,03	0,01	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
360	1,02	0,00	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
361	1,01	0,00	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
362	1,00	0,00	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
363	1,00	0,00	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
364	0,99	0,00	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,87	0,00	0,00	0,00	0
365	0,95	0,00	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,88	0,00	0,00	0,00	0
366	0,5	0,00	0,00	0,00	0%	0%	0,00%	95,62%	0,00%	95,45%	OFF	4,89	0,00	0,00	0,00	0

Tabla 5: Calculo del aprovechamiento del recurso. Fuente[1]

min	Ecológico	m3/s	m3/s
0,50	1,02	1,80	0,90

Caudal Total	Caudal turbina m3/s	Caudal turbina m3/s
9,00	6,00	3,00
	Mínimo	Mínimo
	30%	30%

Hb (m)	Potencia Central kW	T1	T2	Energía Anual kWh
4,90	415,99	276,90	142,95	1.607.886

Tabla 6: Características de la central. Fuente [1]



5. SALTO BRUTO Y NETO

5.1 OBTENCION DE LOS DATOS

Para conocer el salto de manera fiable he acudido a nuestros compañeros del departamento de cartografía donde me han facilitado los datos de mi instalación, un salto bruto de 4,9 metros.

5.2 PÉRDIDAS DE CARGA

Es muy importante conocerlas perdidas ya que repercuten directamente en la cantidad de energía que se producirá en la central. Las pérdidas de carga repercuten directamente en el salto neto.

Las pérdidas de presión se estimarán teóricamente y se añadirán al circuito hidráulico en forma de altura negativa, disminuyendo el salto.

Perdidas en el circuito:

- Azud
 - Consideraremos despreciables las perdidas.
- Rejillas
 - En el diseño de las rejillas 7mm en el espesor del barrote, con una distancia entre ellos de 30mm. La inclinación de los barrotes es de 75°.
 - Las pérdidas de carga en esta parte del circuito se calculan mediante la fórmula de Kirschmer:

$$H_r = \beta \cdot \left(\frac{s}{b}\right)^{1,25} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \text{sen} \alpha$$

Ecuación 1. Kirschmer

- Donde:
 - H_r = Pérdida de carga de la rejilla (m)
 - s = Espesor de los barrotes (mm)
 - b = Distancia entre ellos (mm)
 - v = velocidad del agua a la salida (m/s)
 - α = ángulo de inclinación respecto la horizontal
 - β = coeficiente según la forma de los barrotes, rectangulares, por lo tanto: $\beta = 2,42$ para este tipo.
- Tomaremos como velocidad de entrada la velocidad de salida que es de 0,8 m/s ya que las rejillas no influyen de manera significativa en la velocidad de salida del agua.



- Sustituyendo:

$$H_r = 2,42 \cdot \left(\frac{7}{30}\right)^{1,25} \cdot \frac{0,8^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \text{sen}75 = 0,0124 \text{ m} \quad \text{Ec. [1]}$$

➤ Cámara de carga

- Las pérdidas en la cámara se localizan principalmente en el paso de cámara de carga a la tubería forzada, como consecuencia del cambio de sección repentina originando remolinos y turbulencias, reducen la presión.
- Estas pérdidas son entorno a unos *0,25 metros* en la entrada de la tubería forzada, en el paso de una sección de 14 m² a la sección de las tuberías de presión de 8,76 m² y 5,9 m².

➤ Tubería forzada

- En las centrales minihidráulicas, por norma, no se consideran pérdidas de carga mayores al 1% en instalación con salto menor a 10 metros de altura.
- Pérdidas equivalentes a: 0,049 metros. (en cada turbina)

➤ Válvula mariposa

- Para una válvula mariposa totalmente abierta, las pérdidas de carga corresponden con la ecuación:

$$H_v = K_v \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 2. Pérdidas de carga válvula mariposa

- Donde: h_v =pérdida de carga o presión. (m)
 K_v = coef. empírico. (coeficiente)
 V = velocidad media del agua a la entrada de la válvula

$$V_1 = \frac{Q_1}{S_1} = \frac{5,6}{8,76} = 0,64 \text{ m/s}$$

Ecuación 3. Velocidad del agua.

$$V_2 = \frac{Q_2}{S_2} = \frac{2,8}{5,9} = 0,47 \text{ m/s}$$

Donde Q es el caudal y S la sección

g= gravedad (m/s²)



Para seleccionar el coeficiente K_v nos regimos según la siguiente la tabla para los diferentes valores de K_v según el tipo de válvula que empleemos.

Tabla 7. K_v válvulas.

<i>Tipo de válvula</i>	<i>Coef. K_v</i>
<i>Compuerta 0,2</i>	<i>0,2</i>
<i>Mariposa 0,6</i>	<i>0,6</i>
<i>Esférica 0,05</i>	<i>0,05</i>
<i>Excéntrica 1</i>	<i>1</i>

- Tenemos un coeficiente $K_v=0,6$, sustituyendo obtenemos:

$$H_{V1} = 0,6 \cdot \frac{0,64^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0125m \quad Ec [2]$$

$$H_{V2} = 0,6 \cdot \frac{0,47^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0068 m$$

➤ Elementos restantes

- Las pérdidas en los restantes elementos del circuito se consideran nulas, sobre todo las del canal de desagüe. Las pérdidas relativas al grupo turbina-generador, según experiencia de otras instalaciones similares se aplicarán en el cálculo de los rendimientos.

5.3 PÉRDIDAS TOTALES

Las pérdidas totales corresponden con la suma de las pérdidas de cada elemento, con lo cual, el total de pérdidas alcanza el valor de:

$$\text{Turbina 1} = \sum(\text{elementos del circuito}) = 0,323m$$

$$\text{Turbina 2} = \sum(\text{elementos del circuito}) = 0,317m$$

Como el flujo del agua no va a ser ideal y contando con que se pueda encontrar pequeños obstáculos hacia las turbinas, como hojas en la rejilla y suciedad que se va depositando. Consideraremos unas pérdidas en para las dos turbinas de 0,4 metros.



5.4 SALTO NETO

El salto neto de una instalación hidráulica es la altura de presión que queda al descontar las pérdidas de la instalación al salto útil inicial. Además, es el salto que es aprovechado para la transformación de la energía.

En nuestro circuito, se suman unas pérdidas de carga de 0,4 de metros de columna de agua, por lo que en nuestra central partiendo de un salto bruto de 4,9m dispondremos de un salto útil de 4,5m. [2.c] y [2.d]

6. OBRA CIVIL

6.1 PLANTEAMIENTO

Es muy importante una proyección adecuada de la civil de la que la mayor parte de la inversión de la central va destinada a esta, pero no solo es importante desde la parte económica. Hay que tener muy en cuenta la seguridad de todo aquel que se encuentre trabajando o mientras se realiza la reforma.

En el caso de la Ferrería, la parte más laboriosa la encontramos en la rehabilitación del antiguo molino, edificio donde vamos a alojar el corazón de la central, la sala de máquinas. Otra obra importante y delicada será la de la restauración del azud.

Parte de la rehabilitación, será llevada a cabo por el gobierno de Cantabria ayudado por fondos europeos para la rehabilitación de patrimonio ya que la Ferrería se convertirá en un centro de interpretación local y comarcal.

6.2 VÍAS DE ACCESO A LA CENTRAL

Un factor muy importante a tener en cuenta son las vías de acceso disponibles para el acceso de camiones y maquinaria necesaria durante la obra. Ya que nuestra central se sitúa en una zona rural no pensada para este tipo de circulación.

Para un buen estudio del acceso, hay que saber de antemano las cargas y los transportes que se van a necesitar. No solo podemos pensar en materia prima también debemos tener en cuenta toda la maquinaria que esta conlleva, como grúas, excavadores, retroexcavadoras... Se controlarán los pesos y las dimensiones para asegurar que las vías de acceso no sufran un deterioro o que pueda surgir cualquier accidente al exceder la carga máxima permitida y aseguraremos que hay espacio suficiente en los giros, puentes y túneles que tenemos hasta la central.

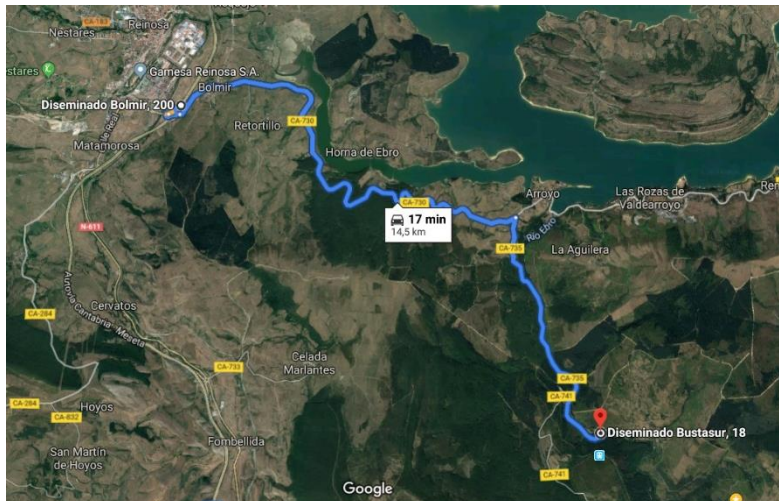


Ilustración 21. Vía más rápida a la central desde la A-67. Fuente [2.3]

Disponemos de una red de carreteras secundarias bastante decente hasta llegar a nuestra central, ya que la mayor parte de la vía fue rehabilitada no hace muchos años y cuenta con un carril para cada sentido por la CA-735 hasta 1,2Km por la CA-735 que es de un carril, desde la salida de la autovía A-67.

El camino más corto desde Reinosa es tomando la salida 133 Reinosa (Sur)/Matamorosa de la A-67, con dirección Bolmir por la CA-730 hasta Arroyo donde se tiene que girar a la derecha y coger la CA-735 hasta La Ferrería, sin embargo, por este camino nos encontramos con el primer obstáculo recién pasado el pueblo de Arroyo. Nos encontramos con un túnel de escasas dimensiones el cual nos limita mayormente la altura del transporte.



Ilustración 22: Túnel CA-735. Fuente [2.4]

Como vía alternativa a este camino para librar el túnel para bultos no más anchos de 3 metros ya que por esta vía también hay obstáculos, se accede a la central tomando la salida 122 para incorporarte a CA-272 en dirección Polientes/CA-741/Arroyal y continuar por la CA-741 hasta llegar a la CA-735.

En las inmediaciones de la central, hay un puente para cruzar el río, donde habrá que realizar una serie de buenas maniobras para poder entrar a él y cruzarlo, ya que tiene una entrada un tanto estrecha para vehículos largos.

Ninguna de estas vías tiene una restricción especial en cuanto a la masa máxima total autorizada, disponibles vehículos hasta 50 toneladas.



6.3 AZUD

Nos encontramos ante un azud un poco deteriorado, por lo que debemos reconstruirlo. Además, se plantea como alternativa, la instalación de un azud neumático en la parte superior que de un aporte extra de caudal y una fácil regulación cuando el caudal del río baje, se activara el neumático cuando el caudal del río sea inferior a $25\text{m}^3/\text{s}$ de tal manera que el nivel del agua subirá ocupando el cauce natural del río para caudales superiores sin anegar ningún terreno.

La reconstrucción del azud será de tipo escollera con inclusiones de cemento y arcilla en su núcleo.

A causa de la inactividad se debe limpiar la zona de carga antes del azud para asegurar un correcto funcionamiento de la central.

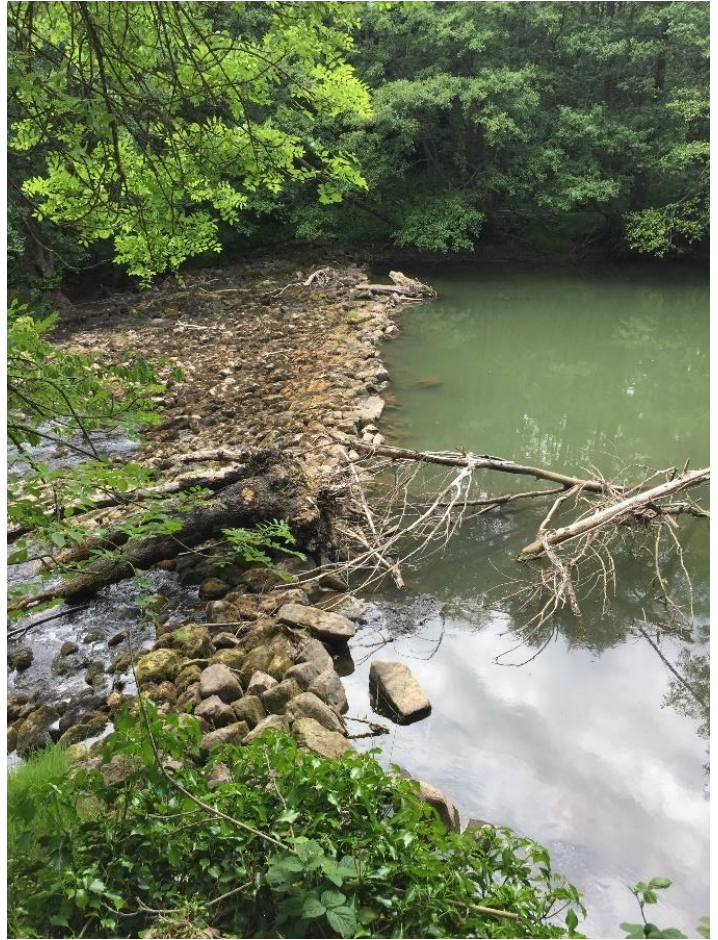


Ilustración 23. Azud actual. Fuente [1]

6.4 ESCALA DE PECES

Como podemos ver, la escala de peces no es un gran problema ya que, en la parte izquierda, parte en que peor estado se encuentra el azud, con pocas modificaciones quedaría habilitada la zona la escala de menos de 200W para que los peces puedan atravesarlo. Además, esta escala contará con material natural no con bloques de hormigón los cuales producirían un efecto visual un tanto peculiar.

Con este vertedero, conseguiremos el paso para la escala de peces de la manera más natural posible y también mantendremos el caudal ecológico del río. El canal contará paso superior y además para reducir el impacto ambiental se habilitará otro paso para cangrejos y pequeños animales en la parte inferior del azud.



6.5 CÁMARA DE CARGA

La cámara de carga se sitúa entre el canal de derivación y la toma, ralentizando el agua antes de entrar a la tubería forzada. Por lo tanto, tendremos una cámara de carga con las dimensiones del canal, treinta metros de largo con tres metros y medio de profundidad media y cuatro metros de ancho capaz de almacenar unos 420 m³ de agua.



Ilustración 24. Cámara de carga. Fuente [1]

6.6 CANAL DE DERIVACIÓN

El canal de derivación actual necesita una peña restauración y limpieza ya que hay tramos donde las piedras de sillería se han caído y movido en algunas partes y las raíces salen entra ellas. Por lo que se le aplicara un revestimiento de hormigón para afianzar la estructura y se revestirá con una lona de plástico que abarata la alternativa y mitigará las turbulencias del flujo a través de él.

6.7 TUBERÍAS FORZADAS

Necesitaremos unas tuberías de cuatro metros de largo y unos diámetros de 1,7m y 1,4m. Las tuberías serán de acero para asegurarnos una larga vida útil y que aguanten presiones críticas que se puedan dar en caso de accidente. Las instalaremos y colocaremos con un camión pluma cuando lleguen a la central.

6.8 CANAL DE DESAGÜE

Nos ocurre lo mismo que en el canal de derivación, además parte de esta es subterráneo por lo que hay que afianzar la estructura, aunque esta es la parte que mejor se conserva. Tares a realizar, desbroce y limpieza y un recubrimiento de hormigón.

6.9 EDIFICIO PRINCIPAL

Como podemos observar, el edificio donde se localizó en molino utilizado para moler el cereal local, hay que reconstruirlo por completo, aunque la parte inferior por donde pasa el canal está en bastantes buenas condiciones, aunque claro esta hay que limpiarlo y habilitarlo para un perfecto funcionamiento e instalar toda la maquinaria de producción.

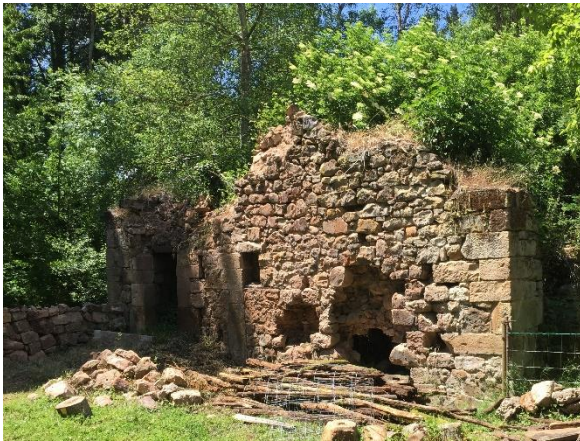


Ilustración 25. Estado actual del edificio de la central. Fuente [1]

El edificio se reconstruirá con encofrados de hormigón para abaratar y agilizar el proceso, pero se utilizará la piedra caída para mantener la estética de la zona. Tenemos un edificio de 17,5m de largo con 13,2m y 8m de alto, con plantas en cuatro niveles diferentes.

Las cimentaciones deben de soportar sumos esfuerzos dinámicos y cilíndricos efectos de las turbinas y generadores, deben ir anclados perfectamente para también asegurar su correcto funcionamiento y mantenimiento. Para esto es necesario que las cimentaciones resistan y aunque no se percibe ningún defecto, a causa de inactividad y al tratarse de un factor tan delicado se reforzarán con cemento lechado.

La última planta del edificio estará destinada a las visitas y a la formación en cuanto a la energía hidráulica y renovables se refiere como al aprovechamiento de la energía hidráulica a lo largo de la historia local.

En la planta inferior se encuentran los grupos electromecánicos, turbinas - generadores. La zona de control se encuentra en la cero de manera que se por cualquier emergencia se inunda la sala de máquinas poder salvar los mayores dispositivos eléctricos posibles de control y seguridad. El puente grúa para poder manejar la maquina está instalada en la planta 1 por lo tanto la planta 0 es una planta periférica que nos permite la operación con el puente grúa.



7. ESCALA DE PECES

7.1 INTRODUCCIÓN

La reconstrucción del azud es una barrera en el cauce del río, siendo este uno de los principales y más habituales impactos de estas infraestructuras. Es necesario adoptar una medida que recupere y facilite la vida del río de la manera menos adulterada posible, para la conservación de las especies de la bio-fauna local.



Ilustración 26. Escala de peces. Fuente [2.8]

La legislación reguladora de la actividad de pesca a niveles continentales hasta regionales contempla las perturbaciones producidas por las instalaciones de presas, azudes... Están definidos métodos a adoptar en estas instalaciones para que se garantice el paso de los peces a lo largo del río.

Aprovechando la curva del río en el lado opuesto a la toma y de verter por esta zona el caudal ecológico se garantiza la escala de peces.

7.2 CARACTERÍSTICAS

Con el fin de minimizar los impactos ambientales en la vida y entorno de la central, aprovechando la orografía del río minimizando el impacto visual la escala será el propio río por su orilla, afianzando con un pequeño encofrado de hormigón a ambos lados para afianzar el azud y la orilla del río para evitar derrumbamientos y bloqueos del caudal, que luego se taparan con la roca del río no quedando rastro visual de tal actuación.

Por lo tanto, tendremos un azud con una altura de 18 cm ya nos debemos acoger a la legislación regional, con un largo de 8 metros adoptando la fórmula:

$$Q_{EC} = 0,8L \cdot 2,1 \cdot \sqrt{h^3}$$

*Ecuación 4. Energía
máxima escala peces*

8. AZUD NEUMÁTICO

Con el objetivo de aumentar la rentabilidad de nuestra instalación y fijándome en las tecnologías adoptadas en otras centrales, instalaremos un azud neumático en la parte superior de nuestro azud principal proporcionándonos una altura neta de 0,75 metros más cuando este entre en funcionamiento que será cuando tengamos un caudal inferior a 25 m³/s



de tal manera que el agua aguas arriba ocupará el cauce natural del río sin producirse ninguna inundación.

El funcionamiento del azud es muy sencillo, cuenta con una vejiga de un material lo suficientemente resistente como para aguantar el peso y fuerza del agua. Su sistema de control mantiene la altura que este “flotador” alcanza. Cuando el caudal es demasiado elevado, deformará el flotador de tal manera que el agua pueda rebosarlo, si este caudal se mantiene lo suficiente, el sistema de control abrirá la válvula desinflándolo y quedando al ras del azud de obra. Cuando el caudal vuelva al indicado para inflarse, el azud neumático se volverá a hinchar proporcionando la altura extra. [2.f]

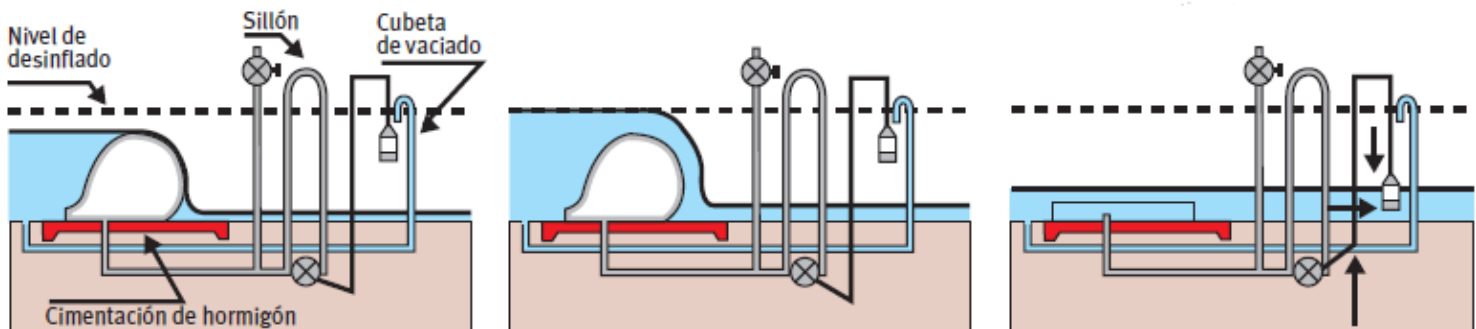


Ilustración 27. Azud neumático. Fuente [2.6]

El azud que se instalará será del tipo Obermeyer Hydro, propietarios de la patente. Sobre el balón neumático se coloca una cubierta de acero para que retenga el agua. El funcionamiento es exactamente el mismo que un azud neumático convencional, un compresor inyecta aire al balón, este se infla levantando la cubierta que lleva acoplada levantando la lámina libre de agua. Cuando el nivel de agua retenido es demasiado elevado, se vacía el balón quedando la chapa perfectamente colocada sobre la base del azud dejando libre paso al caudal. [2.d]



Ilustración 28. Azud Obermeyer. Fuente [2.7]

Los sensores del sistema de control del azud se encuentran aguas arriba, miden la inversa a la altura del río en ese punto regulando también el caudal ecológico.

**Ventajas:**

- Reducimos el riesgo de inundaciones ante posibles riadas.
- El nivel de presión se mantiene constante y a niveles favorables para aumentar la producción energética.
- Entrada instantánea a funcionamiento.
- Autorregulable en condiciones normales y ante falta de alimentación.
- Podemos dirigir a voluntad y fácilmente los caudales de vertedero.
- Permiten una limpieza de sedimentos periódica.
- Su perfil deja el paso a grandes niveles de caudal, hielo y elementos sólidos.
- Su mantenimiento es muy sencillo y reducido.



Ilustración 29. Azud Obermeyer desactivado y activado. Fuente [2.7]

9. TURBINA MICHELL-BANKI

9.1 INTRODUCCIÓN

Definición

La turbina es una turbomáquina motora hidráulica que mediante la energía de un fluido que pasa a través de ella produce un movimiento de rotación, el cual transfiere al generador y este lo transforma en energía eléctrica.

Tipos:

Las turbinas están clasificadas en función de los saltos y caudales con los que estas trabajen.

1. Pelton: utilizadas cuando nos encontramos caudales pequeños con un gran salto, con un rendimiento entorno al 85-87% para el caudal de diseño (caudal óptimo) y velocidades específicas básicas. El agua entra a la turbina mediante inyectores a presión.



2. Francis: utilizadas con saltos y caudales medios, con mayor velocidad específica y mayores rendimientos que las Pelton, entorno al 90%. El agua pasa a la turbina a través de caracol de presión y un distribuidor.
3. Kaplan: utilizadas en instalaciones con mucho caudal y saltos pequeños, pudiendo alcanzar elevadas revoluciones. Estas turbinas tienen los alabes orientables lo que aumenta el rendimiento para caudales diferentes al de diseño, los alabes del distribuidor no tienen por qué ser orientables.
4. Flujo transversal: la más conocida es la Michell-Banki, utilizada para saltos y caudales muy variados y obteniendo una eficiencia muy buena a causa de la admisión parcial y además es de las más económicas.

Esta turbina Michell-Banki u Ossberger, es una turbina de flujo transversal destinada principalmente a los saltos hidroeléctricos. Su principal ventaja su bajo coste, ya que implica un diseño y construcción sencillos, además opera en un amplio rango de alturas y caudales. Es la turbina ideal para nuestros recursos. [2.g]

La característica principal de la turbina de flujo cruzado es el chorro de agua de sección transversal rectangular que pasa dos veces a través de los álabes del rotor, ubicados en la periferia del rotor cilíndrico, perpendicular al eje de éste. El agua fluye a través de los álabes, primero desde la periferia hacia el centro y entonces, después de cruzar el espacio abierto del rotor, desde dentro hacia fuera. La conversión de energía tiene lugar dos veces; primero en la incidencia del agua sobre el álabe en la entrada y luego cuando el agua golpea el álabe en el escape desde el rotor. Es una turbina de libre desviación, de admisión radial y parcial. Debido a su número específico de revoluciones cuenta entre las turbinas de régimen lento. La turbina de flujo cruzado puede aplicarse sobre un rango de alturas de caída desde menos de 2 m a más de 100 m. Una gran variedad de caudales pueden acomodarse con un diámetro constante del rotor

9.2 FUNCIONAMIENTO

Los principales elementos de las turbinas Banki son el inyector y el rotor.

- Rotor: formado por discos radiales paralelos unidos por los alabes curvados que otorgan a la turbina la forma tubular.
- Inyector: consta con una sección transversal y va unido a la tubería de presión de la central, pasando de sección circular a rectangular. Dirige el agua hacia el rotor, para que esta impacte en los álabes con el ángulo deseado, pudiendo regular este ángulo si contamos de un variador.



En estas turbinas la transferencia de energía se produce en dos etapas, ya que el agua pasa dos veces por los alabes. En la primera etapa se transfiere entorno al 70% de la energía que podemos extraer del recurso y en la segunda se extrae el 30% restante.

Con un buen diseño de admisión parcial, logramos una curva de rendimientos muy aplanada, esto quiere decir que el rendimiento no varía excesivamente con el caudal turbinado.

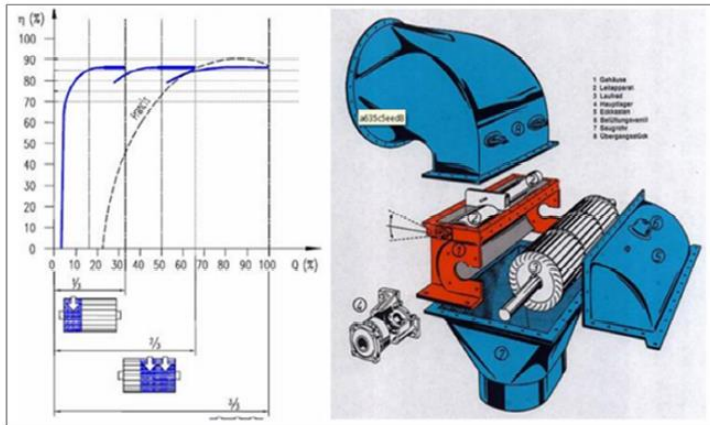


Ilustración 31. Rendimientos parciales T.Banki. Fuente [2.9]

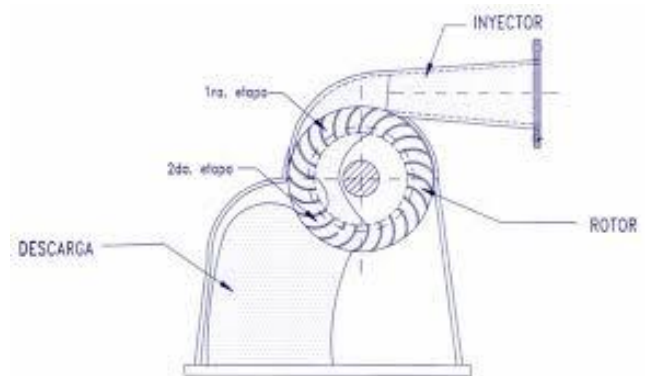


Ilustración 31. Esquema Turbina Banki. Fuente [2.10]

9.3 CONSTRUCCIÓN

Carcasa:

Las carcasas de las turbinas de flujo cruzado normalmente están fabricadas en acero, lo que las otorga una fortísima robustez, fiabilidad y resistencia a los golpes. Esta carcasa tiene que ser desmontable para poder acceder al interior de la turbina bien a la hora de labores de mantenimiento, avería o imprevisto.

Rodamientos:

Los rodamientos de las turbinas pueden ser de bolas o de rodillos, optando por la opción de rodillos y con una lubricación pautada según el fabricante la vida útil de los rodamientos es de más de 100.000.000 horas absorbiendo las fuerzas de la turbina. Estos constan de dos partes principales, el conjunto de los rodillos y el conjunto de cierre propio de estos, pudiendo desmontar por partes la carcasa y los rodillos.

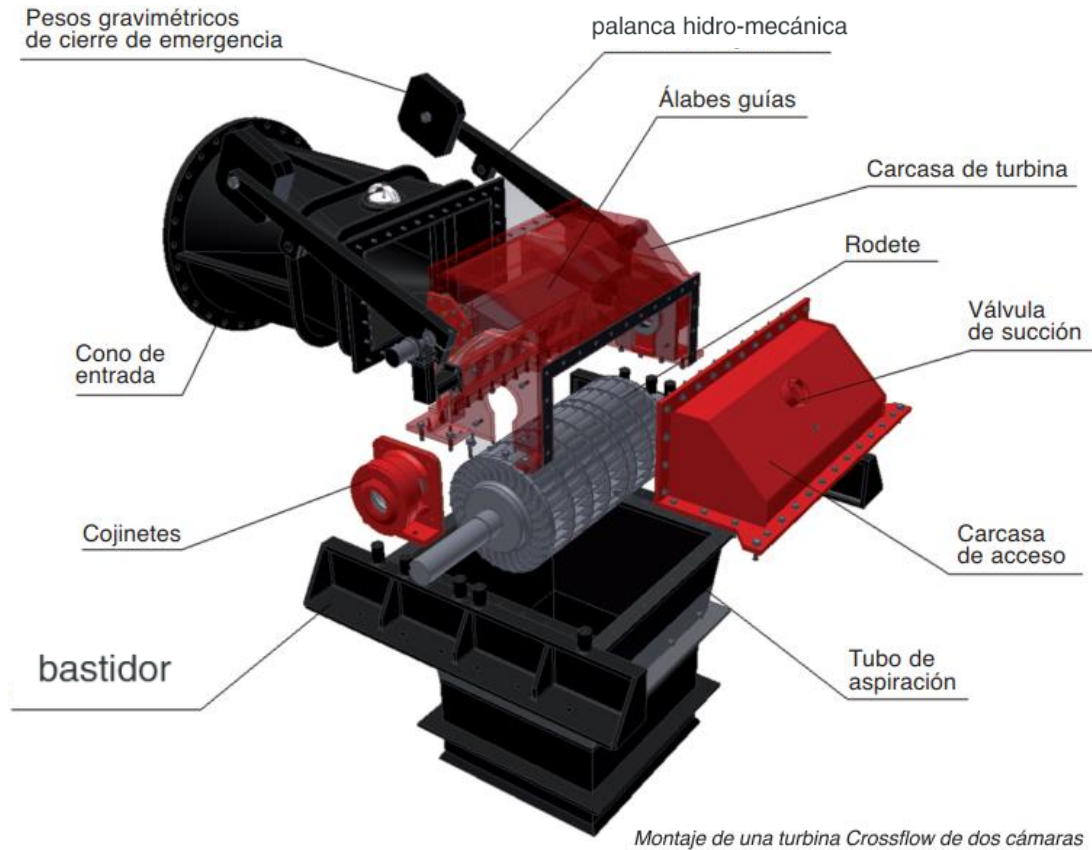


Ilustración 32. Diagrama de explosión Turbina Ossbeger. Fuente [2.14]

La carcasa y el porta rodamientos evitan que el agua entre y se mezcle con la grasa, evitando cualquier desastre. La lubricación de estos es mediante grasa

Difusor-Inyector:

La entrada del agua a la turbina está controlada por unas palas perfiladas, son las que dividen el flujo y lo dirigen al rodete de la turbina. Estas palas o guías están situadas justo en la carcasa de la turbina en la entrada del difusor. Estas palas tienen un ajuste muy preciso, con muy pocas fugas, por lo tanto, para saltos pequeños se pueden utilizar como compuertas de cierre. Las palancas hidromecánicas son las que regulan estas palas perfiladas, conectadas al sistema de control de la central para una regulación automática y también permiten la regulación manual.

Estas palas perfiladas son las responsables de la curva de rendimiento de esta turbina dirigiendo el caudal haciendo que el agua solo incida en parte del rodete.

El desmontaje es sencillo y en dirección radial, no requiere de ningún útil ni herramienta especial.

Bastidor:

Unión de la turbina y la base fija, de instalación rápida, fácil y segura.

Rodete:

El rodete es una parte principal, ya que es donde se transfiere la energía. Está compuesto por los alabes, fabricados de acero inoxidable y mecanizados acoplados a los discos del rodete, uno en cada extremo y dependiendo del diseño a los intermedios. Estos discos intermedios son los que proporcionan a la turbina de una rigidez mínima necesaria para funcionar sin problema y sin vibraciones.

Tubo de aspiración: Con el tubo de aspiración conseguimos un funcionamiento sin pérdidas de cargas, se instala en los saltos con menos de 40m para conseguir aprovechar toda la presión del circuito.

Se instala con un extremo sumergido en el canal de restitución y el agua de este canal genera una depresión en la zona del rodete. Para que se mantenga esta depresión es importantísimo que la carcasa tenga un cierre hermético.

Válvula de ventilación:

Instalando una válvula de ventilación regulable en el tubo de aspiración, el vacío en la carcasa conseguimos una optimización de potencial de energía y una regulación de la columna de agua. Con esta válvula conseguimos una optimización de la presión y caída.

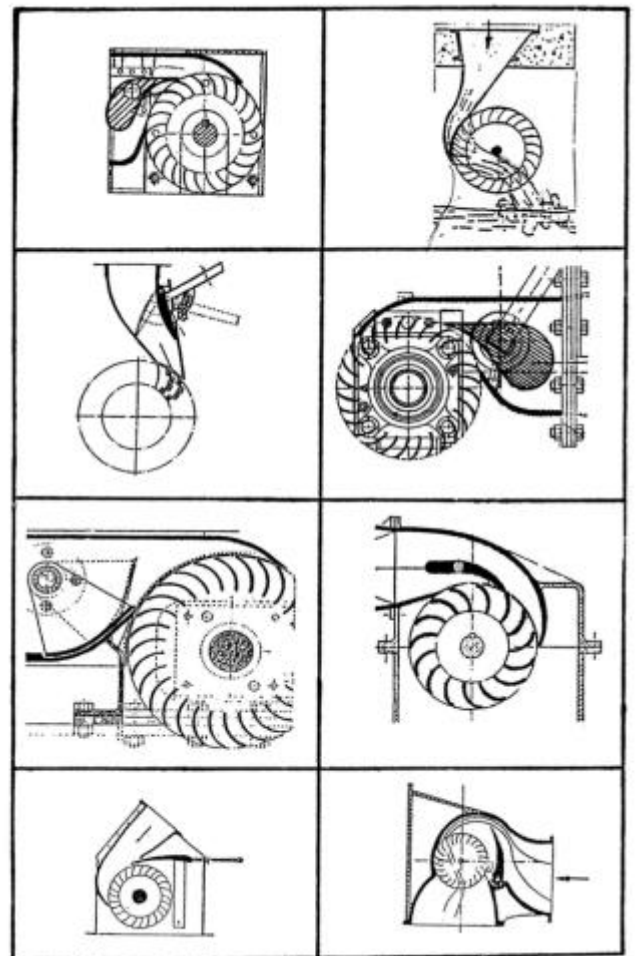


Ilustración 33. Tipos de Tubo de Aspiración. Fuente [2.12]



9.4 PARAMETROS DE DISEÑO

Para obtener unos buenos rendimientos y optimización del recurso, es necesario diseñar las turbinas para las características de nuestra central. Dividiremos la turbina en 10 partes iguales para simplificar el cálculo que posteriormente unificaremos.

Partimos de los parámetros que más condicionan el diseño:

Tabla 8. Características del aprovechamiento

	Q1= 600 l/s
Caudal	Q2= 300 l/s
Salto neto	4,5 m
	V1= 282 rpm
Velocidad	V2= 282 rpm

En primer hemos tenido que determinar la velocidad de las turbinas partiendo de las potencias de cada caudal e intentando ajustarla a una velocidad óptima de sincronismo de pocos para poder obtener un generador barato y pequeño. Con un acoplamiento directo obtendríamos una turbina muy larga por lo que hemos determina esas velocidades.

$$n_s = \frac{n \cdot \sqrt{P_G}}{H_n^{5/4}}$$

Ecuación 5. Velocidad de la turbina

$$P_G = H_n \cdot 9,81 \cdot Q$$

Ecuación 6. Potencia del salto

Sustituyendo de la formula con la potencia en CV, obtenemos unas velocidades de:

$$n_{s1} = 1098 - \text{para un salto de 4,5m y una velocidad de 428,6 rpm}$$

$$n_{s2} = 1096 - \text{para un salto de 4,5m y una velocidad de 600 rpm}$$



Velocidad Específica r.p.m.	Tipo de turbina	metros
Hasta 18	Pelton de una tobera	Hasta 800
De 18 a 25	Pelton de una tobera	De 800 a 400
De 26 a 35	Pelton de una tobera	De 400 a 100
De 26 a 35	Pelton de dos toberas.	De 800 a 400
De 36 a 50	Pelton de dos toberas	De 400 a 100
De 51 a 72	Pelton de cuatro toberas	De 400 a 100
De 55 a 70	Francis muy lenta	
	Cámara forzada en espiral	De 400 a 200
De 70 a 120	Francis lenta - Cámara forzada en espiral	De 200 a 100
De 120 a 200	Francis media - Cámara forzada en espiral	De 100 a 50
De 200 a 300	Francis rápida	
	Cámara cerrada	De 50 a 25
De 300 a 450	Francis ultrarrápida	
	Cámara abierta	De 25 a 15
De 400 a 500	Hélice ultrarrápida	Hasta 15
De 270 a 500	Kaplan lenta	De 50 a 15
De 500 a 800	Kaplan rápida	De 15 a 5
De 800 a 1.100	Kaplan ultrarrápida	Menos de 5

Ilustración 34. Velocidad específica. Fuente [2.11]

Por lo tanto, estamos dentro de del rango de las turbinas Kaplan rápida, equivalente a nuestras “turbinas Banki rápidas”.

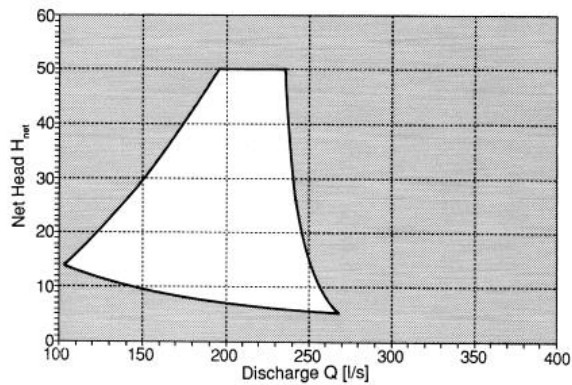
Una vez comprobada la velocidad, debemos determinar el número de discos intermedios que lleva la turbina, teniendo en cuenta las variables, salto neto y caudal. El número de discos nos lo determinará la gráfica donde se corten dichas variables.



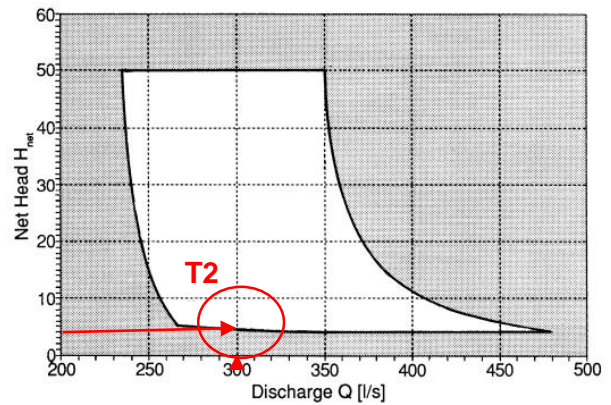
Sato neto (m) = 4,5 m

Caudal T1= 600 l/s

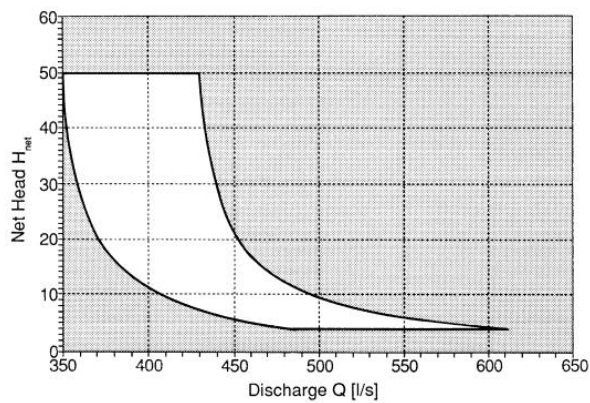
Caudal T2= 300 l/s



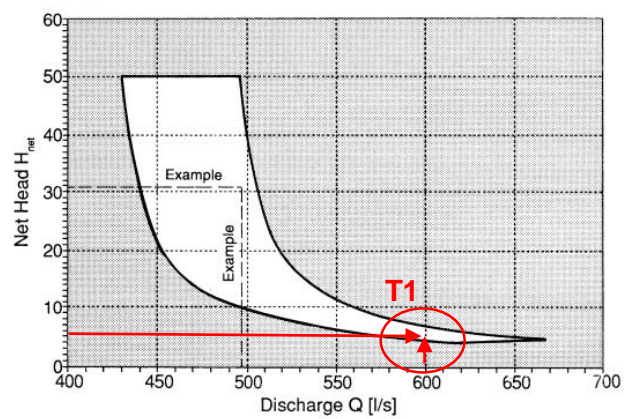
No necesario disco intermedio



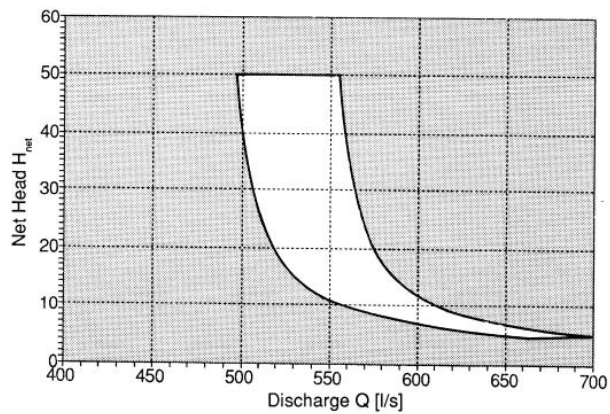
1 - disco intermedio necesario



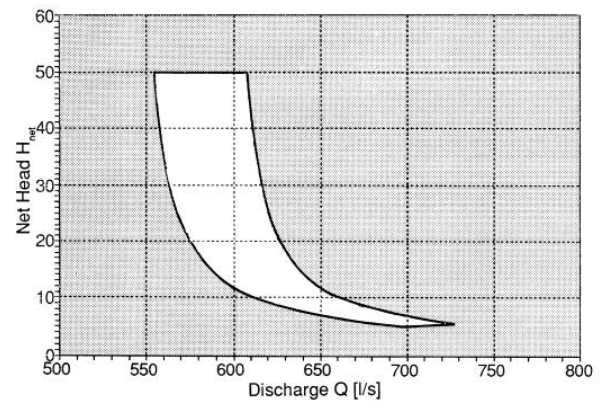
2 - discos intermedios necesarios



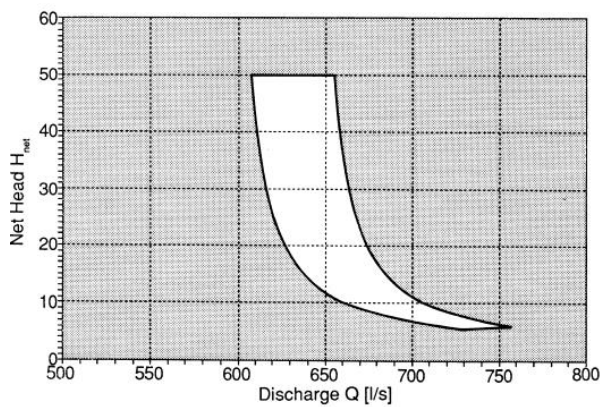
3 - discos intermedios necesarios



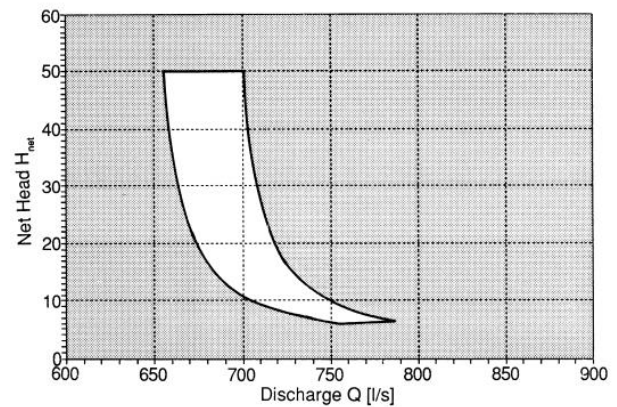
4 - discos intermedios necesarios



5 - discos intermedios necesarios



6 - discos intermedios necesarios



7 - discos intermedios necesarios

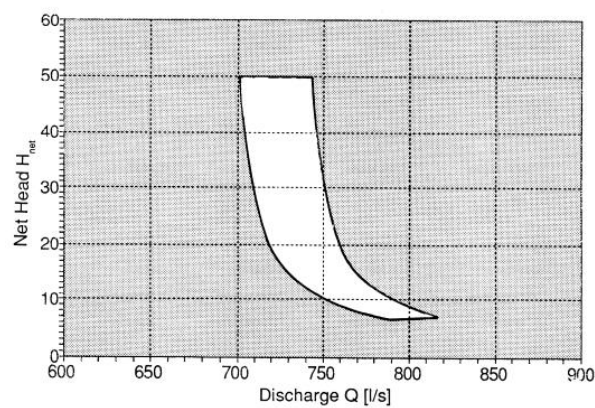


Ilustración 35. Discos intermedios crossflow. Fuente [2.13]



Como podemos ver, en las gráficas de 1 y 3 discos intermedios tenemos la intersección para cada turbina. Por lo que tenemos un disco y dos discos de separación.

El siguiente calculo será determinar el ancho de admisión. Siguiendo las fórmulas del manual “Cross Flow Turbine Design and Equipment Engineering”, que responde a:

$$b_0 = \frac{1}{q_{1max} \cdot D} \frac{Q}{\sqrt{H_{net}}} \quad \text{Ecuación 7. Ancho de la turbina}$$

Donde: q_{1max} : caudal específico – 0,98 para la trubina
 D : diametro del rodete

Para conocer los diámetros del rodete empleamos la siguiente expresión, buscando una velocidad de sincronismo para poder hacer un acople directo y también una velocidad óptima para posteriormente obtener unos valores razonables:

$$D = \frac{39,85 \cdot \sqrt{H}}{n} \quad \text{Ecuación 8. diámetro del rodete}$$

Sustituyendo obtenemos:

$$D_1 = \frac{39,85 \cdot \sqrt{4,5}}{282} = 300 \text{ mm} \quad \text{Ec [8]}$$

$$D_2 = \frac{39,85 \cdot \sqrt{4,5}}{282} = 300 \text{ mm} \quad \text{Ec [8]}$$

$D_1 = 30 \text{ cm}$ y $D_2 = 30 \text{ cm}$ son valores normalizados y nos costara menos el diseño de las turbinas, además para aumentar el diámetro reducimos la probabilidad de embalamiento que tienen los diámetros pequeños.

Por lo tanto, tendremos dos turbinas con unos anchos de admisión de:

$$b_1 = \frac{1}{q_{1max} \cdot D_1} \frac{Q}{\sqrt{H_{net}}} = 498 \text{ mm} \quad \text{Ec [7]}$$

$$b_2 = \frac{1}{q_{1max} \cdot D_2} \frac{Q}{\sqrt{H_{net}}} = 199 \text{ mm}$$

Para ir sacando los demás parámetros partiremos de los anchos y de los diámetros.



9.5 GEOMETRIA DEL INYECTOR

La principal tarea del inyector es la dirigir el agua en la dirección e inclinación optima en cada momento, se produce una aceleración del flujo hacia los alabes del rodete.

Mediante una sección denominada arco de admisión. Esta sección transversal suele ser rectangular de forma que la cara superior de manera envolvente guía al flujo a lo largo de todo el ancho y a través de la turbina. Este ángulo de la cara envolvente es muy importante ya que tiene que ser constante en cada punto y constante también la velocidad absoluta. La cara inferior suele estar inclinada entre 0° y 5° , siendo lo más habitual que se encuentre recta. Para el anexo inyector turbina.

La geometría del inyector la obtendré a partir de estudios de optimización de las turbinas de crossflow, partiendo de los diámetros de mis rodets de 300mm los dos:



TURBINA 1 (mm)	TURBINA 2 (mm)
$a_1 = 138.8$	$a_1 = 138.8$
$a_2 = 151.7$	$a_2 = 151.7$
$a_3 = 150.2$	$a_3 = 150.2$
$b_1 = 86.4$	$b_1 = 86.4$
$b_2 = 125.7$	$b_2 = 125.7$
$b_3 = 69.7$	$b_3 = 69.7$
$b_4 = 103$	$b_4 = 103$
$b_5 = 60.6$	$b_5 = 60.6$
$b_6 = 30.8$	$b_6 = 30.8$
$b_7 = 39.4$	$b_7 = 39.4$
$b_8 = 30.3$	$b_8 = 30.3$
$c_1 = 26.3$	$c_1 = 26.3$
$e_1 = 75.8$	$e_1 = 75.8$
$e_2 = 59.3$	$e_2 = 59.3$
$e_3 = 98.3$	$e_3 = 98.3$
$e_4 = 81.8$	$e_4 = 81.8$
$e_5 = 86.4$	$e_5 = 86.4$
$e_6 = 24.2$	$e_6 = 24.2$
$e_7 = 189.2$	$e_7 = 189.2$
$e_8 = 172.7$	$e_8 = 1702.7$

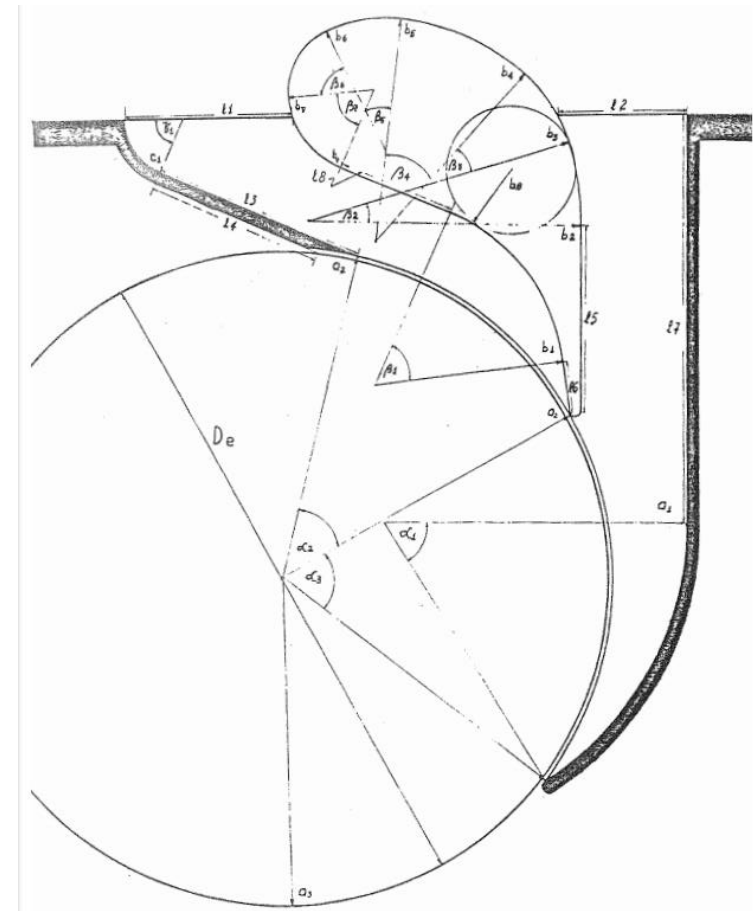


Ilustración 36. Inyector turbina Michell-Banki.



Todo el volumen de agua va a entrar al rodete con un ángulo constante a lo largo de toda la admisión, siendo tangente a la periferia de la rueda. El flujo que deja las paredes de la carcasa del inyector lo llamaremos chorro libre. Debo comentar que la velocidad en la salida del inyector será un poco más pequeña que la velocidad de diseño, por lo que, para contrarrestar este efecto incrementaremos el arco de entrada del inyector.

Estudios basados en la experiencia y bastante avanzados, determinan que un ángulo óptimo de admisión es 90°, pudiendo con el inyector obtener ángulos entre los 30° y 120°.

9.6 GEOMETRIA DEL RODETE

Gracias a los estudios de optimización y de diagramas de velocidad, se ha obtenido la siguiente relación interno y el extremo:

$$\frac{D_i}{D_e} = \sqrt{\frac{(2K_u \cos^2(2\alpha) - 1) + \sqrt{1 - 4\cos^2(2\alpha)(1 - K_u)K_u}}{2K_u^2 \cos^2(2\alpha)}}$$

*Ecuación 9. Relación
Dint / Dext*

Considerando $2\alpha = 16.102^\circ$ y $K_u = 0.5$ y teniendo en cuenta la experiencia de otras instalaciones:

Obtenemos la siguiente expresión:

$$D_i = 0,66D_e$$

Ec[9]

El radio de curvatura de los álabes también depende del diámetro del rodete y no del caudal y del ángulo de inclinación del propio álabe. Respondiendo a la siguiente expresión:

$$r = \frac{D_e}{4\cos\beta'2} \cdot \left[1 - \frac{D_i^2}{D_e^2} \right]$$

*Ecuación 10.
Curvatura álabes*

Por lo tanto, sustituyendo los valores conocidos en la expresión obtendremos unos parámetros de diseño de, para $2\alpha = 16.102^\circ$; $\beta = 30^\circ$:

		TRUBINA 1	TURBINA 2
Diámetro exterior	(mm)	300	300
Diámetro interior	(mm)	198	198
Radio de curvatura álabes	(mm)	75,82	75,82



Para un diámetro de rodete de 300mm, el diámetro del eje directriz ya viene fijado, siendo este de 32mm.

El siguiente paso será calcular el número de álabes que necesitamos en nuestros rodets, este paso está marcado por el diámetro, el salto y el caudal. Es importante conocer antes de seleccionar el número de alabes que, un número reducido de alabes lo que produce son pulsaciones en la generación energética y un elevado número de álabes lo que produce en un aumento en la posibilidad de embalamiento ya que se acerca el fluido aumenta también las pérdidas. Recabando información de centrales en funcionamiento y de diversos estudios, la turbina 1 contará con 23 álabes y 23 álabes la turbina 2.

Referencia	D/Di	D/B	Z	η_h
YOKOHAMA, 1985, Japón	0.66	4.25	26	80.60
VIGM, 1986, CCCP	0.63	3.00	24	78.00
GANZ, 1984, HUNGRÍA	0.66	1.00	30	75.00
ALABAMA, 1983, EEUU	0.66	0.25	20	75.00
RESITA, 1983, RUMANIA	0.66	1.28	24	73.00
KTU, 1987, TRAZBON TURQUIA	0.54	0.81	24	71.30
OREGON, 1949, EEUU	0.66	1.09	20	68.00
VDI, 1981, ETIOPIA	0.67	3.26	36	66.00
LOS ANDES, 1973, COLOMBIA	0.62	1.87	27	60.60
ODTU, 1985, ANKARA TURKIA	0.83	1.44	30	55.50

Ilustración 37. Selección nº de álabes - Referencias. Fuente [2.9]

Mediante el ancho de admisión previamente calculado, obtendremos el ancho óptimo que deberán tener los alabes para un correcto funcionamiento y una larga vida. Responden a la siguiente expresión:

$$B = \frac{Q}{P(\pi \cdot D_E - e \cdot Z) \cdot K_o \cdot K_c \sqrt{2gH} \cdot \sin(2\alpha)}$$

Ecuación 11. Ancho
de admisión



- Donde:
- B = Ancho de admisión (m)
 - Q = Caudal máximo que fluirá por la turbina (m^3/s)
 - P = Factor de arco de admisión (1)
 - e = Espesor del álabe del rodete (m)
 - Z = Número de álaves (n°)
 - K_o = Porcentaje de la circunferencia exterior por donde entra el agua (35%)
 - K_c = Coeficiente velocidad (0,97)

Despejando, de la ecuación anterior, debemos instalar unos álaves de:

Espesor T1:	Espesor T2:
0,0128m	0,0085m

Con vistas de futuro, y buscando un valor normalizado que siempre facilita y economiza el diseño, el ancho de los álaves serán de 15mm y 9,5mm, contando el desgaste que sufrirán por fricción y posible corrosión. [2.n]

9.7 CONCLUSION DISEÑO DE RODETES

Teniendo en cuenta los 10 segmentos de los que está formada cada turbina, contaremos con un ancho de admisión de 3,98 metros y 2,99 metros respectivamente. Respecto los discos de separación, cada segmento cuenta con tres y un disco intermedio, lo que supone 30 discos intermedios para la turbina 1 y 10 para la 2. En estos discos es donde se encuentran alojados los álaves 23, con un espesor de 15mm y 9,5mm con un radio de curvatura de 75,82mm y 75,82mm.

Los diámetros de los rodets serán de 300mm los exteriores y de 198mm los interiores. Como vemos en la tabla resumen los aspectos de diseño:



	TURBINA 1	TURBINA 2
<i>Segmentos</i>	10	10
<i>Ancho Admisión/Segmento</i>	498	199
<i>Admisión Total</i>	4980	1990
<i>Diámetro Exterior</i>	300	300
<i>Diámetro interior</i>	198	198
<i>Discos Intermedios/Segmento</i>	3	1
<i>Discos Intermedios Totales</i>	30	10
<i>Nº Álabes</i>	23	22
<i>Radio Curvatura</i>	75,82	75.82
<i>Espesor Álabes</i>	15	9.5

Ilustración 38. Resumen Datos de Diseño

10. GENERADOR

10.1 DEFINICIÓN

Elemento principal de toda la instalación generadora, donde se produce la conversión de energía mecánica transmitida por la turbina a energía eléctrica en el devanado del estator. Procederemos instalar dos generados síncronos de tipo brushless autoexcitados. Tendrán una potencia nominal de 300,23kVA y 152,67kVA. Serán horizontales e irán acoplados a la turbina de forma indirecta ya que instalaremos dos multiplicadoras que elevarán la velocidad a 750rpm adaptala a una velocidad de sincronismo de tal manera que el tamaño y sobre todo el precio del generador sea pequeño y barato. Ya que una baja velocidad para una misma potencia implica mayor número de polos lo que repercute directamente en el diámetro del generador y con un incremento del precio de este.



10.2 FUNCIONAMIENTO

Los generadores síncronos, son máquinas que generan en corriente alterna. El devanado inductor se encuentra el rotor alimentado por una fuente de corriente continua y con el giro de este, el devano inducido localizado en el estator ve un campo giratorio produciendo corriente alterna en su devanado.

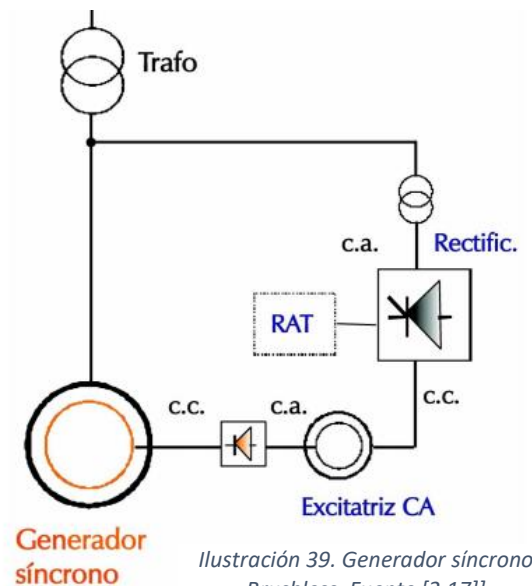
Al decidir instalar generadores brushless (sin escobillas) lo que nos ahorramos es todos los dispositivos de anillos rozantes, escobillas y porta escobillas, pero la principal razón es la de evitar el polvo producido por las escobillas de grafito y el mantenimiento de estas. El polvo soltado por las escobillas es muy peligro, ya que se puede ir almacenando en partes no deseadas del interior del generador llenando a poder producir un corto o deriva a tierra rompiendo el aislamiento de la máquina.

Existen máquinas de imanes permanentes que carecen de devanado inductor, ya que el campo es generado por los imanes, estas máquinas prescinden de dicho devanado y del regulador de corriente que se necesita aplicar en el caso de máquinas excitadas. Este tipo constructivo está considerado como el futuro de las máquinas eléctricas, en la actualidad su principal desventaja es su precio de fabricación.

Teorema de Ferraris: cuando en un sistema trifásico equilibrado las corrientes recorran el devanado inductor, aparecerá en el entrehierro un campo magnético giratorio que se moverá a la velocidad de sincronismo. En el rotor el campo magnético parecerá inmóvil ya que este se moverá a misma velocidad de giro que el campo magnético, por lo que el rotor está bajo el efecto de un campo magnético cte y no sufre pérdidas en el hierro (histéresis y por corrientes de Foucault). Por esta razón el núcleo del rotor puede ser construido de hierro macizo. En el caso del estator no se cumple esto, él sí que está sometido a un campo magnético variable, produciéndose pérdidas en el hierro, por lo que el núcleo magnético debe ser construido por chapas de acero magnético con un aislante entre sus caras y apiladas.

[2.g]

Cuando pongamos en funcionamiento la máquina como alternador, deseando obtener unas tensiones de frecuencia f , la velocidad n_2 deberá ser igual a la velocidad de sincronismo que responde a la siguiente expresión:





$$n = \frac{60f}{p}$$

Ecuación 12. N^º polos
G. Sincronos

Como he comentado con anterioridad, en toda instalación electromecánica con un generador síncrono, se intenta que la conexión entre la máquina motriz y el generador sea directa, teniendo que girar ambos a la misma velocidad y el mismo sentido. Al no tener la misma velocidad de giro, habría que instalar una caja multiplicadora, o tren de engranes, introduciendo al circuito notables pérdidas mecánicas además de ruido y un mantenimiento extra.

Lo más habitual es encontrarnos con generadores con el rotor de polos salientes en



Ilustración 40. Tipo constructivo del rotor. Fuente [2.16]

las centrales hidroeléctricas. Este tipo constructivo consta de un diámetro interior del estator constante y las bobinas del rotor apiladas o arroyadas fijadas al núcleo del rotor y bloqueadas en la parte superior por las expansiones polares, en dichas expansiones puede encontrarse un devanado amortiguador formado por barras de cobre que recorren la expansión axialmente, su funcionamiento es amortiguar las perturbaciones como lo harían los motores de jaula de ardilla. El entrehierro en este tipo de máquinas puede ser variable para que el campo magnético se distribuya sinusoidalmente perfecto, cuanto mayor sea mayor ratio de corto circuito tendremos en el generador, pero a más temperatura someteremos el devanado inductor.

Aunque el generador síncrono funcione a la velocidad de sincronismo establecida por la frecuencia y número de polos, existen oscilaciones de velocidad respecto a esta, ocasionadas por estos 3 factores:

- Propias: debidas a constantes mecánicas y eléctricas las cuales resultan muy perjudiciales para la frecuencia y tensión generada.
- Forzadas: ocasionadas al funcionamiento de la turbina.
- Debidas al regulador: cuando tenemos un regulador mal ajustado o con mucha inercia.

Para mitigar estas oscilaciones, en primer lugar, estas oscilaciones propias se combaten desde el diseño de la máquina. Los comentados devanados amortiguadores son



los encargados de atenuar estas oscilaciones, las barras cortan las líneas de campo producidas por las corrientes del estator al producirse variaciones de velocidad. La tarea principal de este devanado es que la maquina no sufra variaciones en la amplitud del campo magnético y a una velocidad constante que el rotor gire a la misma velocidad que el campo magnético. Lo dicho, las barras de este devanado se localizan en las expansiones polares, parte de los polos más próxima al devanado del estator y hacen la función de las barras de las jaulas de ardilla. [2.d]

Las pérdidas en el generador se transforman en calor. Produciendo un aumento de la temperatura que pueden producir daños en la integridad de los aislamientos de los devanados de la máquina. Debido a este aumento de la temperatura en funcionamiento, estas máquinas necesitan un sistema de refrigeración para mantener una buena temperatura en funcionamiento. Este sistema de refrigeración ira de la mano de la potencia y tensión de la maquina y van desde un sencillo ventilador acoplado al eje del rotor hasta sistemas secundarios con refrigerante y/o agua.

La corriente de excitación que necesitamos para que la maquina funcione correctamente en todo momento y pueda afrontar los cambios en el caudal y turbina, la proporcionará un sistema automático de excitación. Este sistema se conoce como *regulador automático de tensión*, técnicamente del inglés *automatic voltage regulator (AVR)*, que también regula la corriente continua con alimentamos al inductor.

Nuestros generadores disponen de una excitatriz retroalimentada por el propio generador, de esta manera nos ahorramos las escobillas y los anillos rozantes. La función de esta excitatriz es la de alimentar con corriente continua el devanado inductor del rotor, convirtiéndolo en un electroimán con la capacidad de poder regular el campo magnético. En este sistema la excitatriz esta alimentada a partir de la tensión alterna que genera la propia máquina. La tensión alterna que previamente es reducida con un transformador de tensión y un toroidal de corriente y convertida en continua por un rectificador controlado, lo que nos permite controlar la corriente de excitación que circula por el rotor, y así controlar el campo que induce la corriente en el estator para obtener una energía controlada en todo momento.

10.3 SELECCIÓN DEL GENERADOR

De entre todo el mercado y empresas mundiales que hay dedicadas a la producción de generadores industriales síncronos, he decido instalarlos de *GAMESA ELECTRIC* no solo por la fiabilidad y calidad de producto sino porque además es un producto local, con todas las ventajas en cuanto a transporte, aspectos técnicos y mantenimiento que conlleva.



Siendo expertos en diseñar generadores y motores a medida obtendremos los valores de rendimientos, factor de potencia, dimensiones y potencias necesarios. Su fama y su filosofía de producto se basa en la eficiencia y fiabilidad que responde a estos factores:

- Alta eficiencia y fiabilidad a corto y largo plazo.
- Larga vida útil del producto.
- Altas prestaciones técnicas y de calidad.
- Trato de confianza y transparencia con el cliente.
- Servicio de asistencia técnica y apoyo en todas las fases del proyecto.
- Diseño adaptado.
- Ensamblaje y puesta en marcha.
- Implantación de sistemas de seguridad y control para la prevención de posibles daños y accidentes.

Las partes que componen el generador son:

➤ Paquete magnético:

Chapas de acero magnético apiladas y prensadas, aisladas a doble cara y con pérdidas por histéresis prácticamente nulas. El paquete del rotor está formado por la rueda magnética formada por plaques calados en el eje, donde alojaremos las bobinas.

➤ Estator:

La armadura del estator está formada por perfiles de acero y anillos de apriete agrupando el conjunto del paquete magnético. La armadura va soldada a la carcasa del generador dejando los espacios necesarios para el montaje y operación necesarios en el lado de acoplamiento y lado opuesto a este. El diseño garantiza la robustez y necesaria exigidas a las máquinas.

La conexión será en estrella, para trabajar con una intensidad menor, evitando el calentamiento y las pérdidas ya que van en función del cuadrado de la intensidad, y aumentar el rendimiento.

➤ Rotor:

El rotor será de polos salientes, la rueda polar estará formada por plaques calados al eje en la posición requerida, llevará bobinas arroyadas y tendrán un devanado amortiguador en las expansiones polares que fijan las



bobinas al cuerpo del rotor. Las bobinas van conectadas entre si de la forma que el diseño lo indica para formar el completo devano y producir el campo magnético.

El extremo del eje por el lado de acoplamiento tendrá un chavetero y una chaveta para acoplar los generadores al eje de la turbina, también contaremos con una escobilla de puesta a tierra para descargar el eje del rotor de posibles cargas y derivas.

El diseño y el apriete de los pernos garantiza la integridad del rotor ante las velocidades de embalamiento no siendo superior a 2,4 veces la velocidad nominal del generador.

➤ **Rodamientos:**

Seleccionaremos los rodamientos en función de las cargas axiales y radiales que tengan que soportar, siendo el rodamiento del lado de acoplamiento el encargado de soportar las fuerzas axiales transmitidas desde las turbinas y del diámetro del extremo de eje. El fabricante será SKF garantizando una vida útil de más de 100.000 horas e indicando los periodos de lubricación, así como la velocidad máxima que a la que podrán estar sometidos. Los generadores contarán con una lubricadora automática de grasa programada.

➤ **Caja de bornas:**

Cada generador dispondrá de dos cajas de terminales, la caja principal colocada en el margen L.O.A. (Lado Opuesto al Acoplamiento) será donde se encontrarán los terminales principales de conexión las maquinas. Lugar donde se encuentran las tres fases para la conexión hacia el transformador elevador.

En la caja auxiliar, colocada en el margen de L.A. (Lado de Acoplamiento), se alojarán todas las conexiones de los sensores y dispositivos colocados en los generadores como las Pt-100 del devano del estator y rodamientos, Pt-100 de entrada y salida del aire, los sensores de vibración de los rodamientos, las resistencias de caldeo para que no se condense la humedad del ambiente, los sensores inductivos de velocidad...

➤ **AVR**

La excitatriz es alimentada por medio de la AVR. Este dispositivo está conectado al devanado del estator y a la red de alimentación. Es el elemento por el que la intensidad generada en el inducido es rectificada por un puente de diodos



alimentando y activando el devanador inductor del rotor. En estos generadores se instalará el AVR DECS-150 y será el que regulará en todo momento la producción energética y el factor de potencia.

➤ **Accesorios:**

Para un correcto y completo funcionamiento y control los generadores van equipados con:

- Pt - 100 devanado del estator y rodamientos.
- Pt – 100 entrada y salida del circuito del aire.
- Termómetros en el bobinado y rodamientos.
- Resistencias de caldeo.
- Set de diodos.
- Escobilla de puesta a tierra.
- Rueda dentada y sensores inductivos (med. velocidad).
- Bomba automática lubricación.
- Medición de tensión de salida.
- Filtros de partículas en el circuito de aire.

10.4 FICHAS TECNICAS

En primer lugar, el funcionamiento de los generados será S1:

Funcionamiento continuo según ICE-60034 -1

En segundo lugar, la clase de aislamiento de las maquinas será clase F, garantizando una clase B de temperatura.

Obteniendo dos generadores con las siguientes características:

Tabla 9. Características de los generadores

	<i>Generador 1</i>	<i>Generador 2</i>
Conexión del estator	Estrella	Estrella
Tipo constructivo del rotor	Polos salientes	Polos salientes
Número de fases	Trifásico	Trifásico
Potencia nominal (Sn)	300 kVA	155 kVA
Tensión nominal (Un)	400V	400V



Intensidad nominal In	433 A	224 A
Frecuencia	50 Hz	50 Hz
Numero de polos	8 p	8 p
Velocidad (ns)	750	750
Velocidad de embalamiento	1200	1200
Factor de potencia	0.9	0.9
Tipo de refrigeración	IC 21	IC 21
Grado de protección	IP 23	IP 23
Temperatura ambiente max	40° C	40° C
Altitud sobre el nivel del mar	805 m	805 m

Tabla de rendimientos:

- Rendimiento calculado para cobre a 95°C (según especificación ICE).
- Cojinetes dimensionados de acuerdo al empuje de turbina. En el rendimiento se incluyen pérdidas en los cojinetes debido a peso rotor.
- Pérdidas adicionales incluidas

Generador 1

Carga

Tª de referencia 95°C	<i>115%</i>	<i>100%</i>	<i>75%</i>	<i>50%</i>	<i>25%</i>
F.P. nominal (0.9)	0.9691	0.9709	0.9674	0.9602	0.9489
F.P. (1)	0.9723	0.9762	0.9711	0.9662	0.9562

Generador 2

F.P. nominal (0.9)	0.9631	0.9674	0.9606	0.9548	0.9407
F.P. (1)	0.9716	0.9745	0.9695	0.9646	0.9545



11. BATERÍA DE CONDENSADORES

11.1 BAT. MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA

Para poder seleccionar una batería de condensadores optima es necesario partir de las características técnicas de nuestros generadores.

	Generador 1	Generador 2
Potencia	300 kVA	155 kVA
Factor de potencia a diferentes cargas		
100% Sn	0,9	0,9
75% Sn	0,85	0,85
30% Sn	0,8	0,8
Potencia transformador	600 kW	
Tensión	0,4 / 12 kV	0,4 / 12 kV

Haciendo caso a las recomendaciones de los fabricantes de las baterías, es necesario para compensar la reactiva de un trafo instalar un condensador de entre 4% y 6% de la potencia de dicho transformador. Tendremos un transformador de 600 kW en el que instalaremos en el lado de menor tensión un condensador de 18.25 kVAr.

Según la norma UNE-EN 60831-1/2, nos encontraremos ante una batería de condensadores con las siguientes características principales:

Tabla 10. Características Bat.Condensadores

Tensión nominal	400 V a 50 Hz
Intensidad nominal	152 A
Protección	140 A
Sección	30mm ²



12. LINEA DE EVACUACIÓN DE MEDIA TENSIÓN

12.1 INTRODUCCIÓN

Es necesario construir una línea de media tensión para poder volcar la energía eléctrica producida a la red de consumo. A continuación, calcularemos las características y dimensiones de esta línea de 12kV que une nuestro centro de transformación con la línea de la distribuidora Viesgo.

La línea eléctrica a construir será de 150 metros de longitud hasta la línea de Viesgo, se soterrará debido al corto recorrido. Este soterramiento contara con dos tubos de PVC de 160mm de diámetro que irán introducidos en la zanja posados sobre arena fina. Los conductores que instalaremos serán de cable con aislamiento en seco de tipo EPR, válidos para trabajar a una tensión nominal de 12/20kV (DHV).

12.2 CÁLCULOS

Sección del conductor

En primer lugar, debemos calcular la sección del conductor según la intensidad que circulará por él, para esto, seguiremos la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P_{\text{Línea}} \cdot K}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

*Ecuación 13.
Intensidad de
línea*

Para tener unos valores debemos acudir a las características eléctricas de la instalación:

Potencia Línea.....	416 kW
Rendimiento de la Línea.....	100%
Coefc. De utilización K	0,8
Longitud de la Línea.....	150m
Material del conductor.....	aluminio
Tipo de Aislamiento.....	EPR
Cable.....	DHV 12/20kV
Tensión Nominal.....	12kV
$\cos\varphi$	0,9



Sustituyendo en la ecuación anterior $I = 16.014 A$

Como el conductor cuenta con aislamiento 12/20 kV y estará soterrado e introducido en el tubo de PVC, usaremos las tablas de intensidad máxima admisible proporcionadas por los fabricantes de conductores.

Con vistas a una posible repotenciación en un futuro de la instalación, el cable se ha sobre dimensionado, con 36 mm² de sección, con una intensidad máxima admisible de 200A

También debemos tener en cuenta la caída de tensión que se produce en la línea a la hora de dimensionar el conductor. Según el Reglamento de Alta Tensión, la caída permitida en la línea debe ser menor al 5%. Con este condicionante tenemos que comprobar si la sección escogida cumple con la norma.

$$Er(V) = \frac{P \cdot L}{\rho S V} = \frac{290 \cdot 150m}{46 \cdot 24 \cdot 12.000V} = 2,62 V \quad \text{Ecuación 14. Caída de tensión}$$

En tanto por ciento:

$$Er(\%) = \frac{Er(V)}{V_N} \cdot 100 = \frac{2,62}{12.000} \cdot 100 = 0,0218\% < 5\% \quad \text{Ecuación 15. Caída de tensión en \%}$$

Como acabamos de comprobar, la caída de tensión cumple de sobra con la restricción de la norma, muy inferior a ese 5% por ciento. La elección del tipo de conductor y sección es correcta.

La última comprobación para la validez de la sección viene de la intensidad de cortocircuito, corriente máxima que deberá soportar la instalación. Debemos cumplir con la siguiente expresión:

$$S \geq \frac{I_{CC} \cdot \sqrt{T}}{C} \quad \text{Ecuación 16. Sección del conductor}$$

En donde:

- T= tiempo de duración del corto (s)
- S= sección del conductor (mm²)
- I_{CC} = intensidad de cortocircuito (A)
- C=143 en cables de CU con XLPE (250° C)
- C=115 en cables de Al con PVC (160° C)



C=92 en cables de Al con XLPE (160° C)

C=74 en cables de CU con XLPE (250° C)

Con un cortocircuito de 0,5 segundos, sustituyendo en la expresión obtenemos un valor de sección de:

$$I_{cc} = 4500A$$

$$S \geq 27.7 \text{ mm}^2$$

Como podemos contemplar, la sección es válida.

13. ESTUDIO DE VIABILIDAD

13.1 ASPECTOS LEGISLATIVOS

Según el Real Decreto - ley 9/2013, de 12 de julio en el que se recogen urgentes medidas para garantizar y afianzar la estabilidad económica del sistema eléctrico comenzó la reforma del sector eléctrico y estableció un nuevo régimen jurídico y económico para las instalaciones productoras mediante recursos renovables, cogeneración y residuos. Encontramos recogidos los principios concretos los aplicables a estas instalaciones, que a posteriori se integraron en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

La regulación de la actividad de producción de energía eléctrica mediante recursos renovables cogeneración y recursos viene aprobada en el Real Decreto 413/2014, de 6 junio, que estable el régimen jurídico y económico para estas instalaciones.

Actualmente con una previsión del crecimiento del consumo eléctrico de aproximadamente un 0,8% anual para el 2020 y la necesidad de cumplir el objetivo europeo de un 20% de la energía producida mediante recurso renovable, es necesario impulsar y promover la generación y utilización de energías renovables. Es por esto por lo que se considera instalar 3.000 MW de generación renovable para alcanzar el objetivo vinculante de los estados miembros para el 2020. [2.]

Nuestra instalación se encuentra dentro de este plan. La subvención recibida está fijada según el rendimiento medio de las Obligaciones del Estado a 10 años. Como está recogido en el Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, la subvención será concedida a las instalaciones donde la rentabilidad sea del 4,503%. Es en este Real Decreto donde se publica la tasa de rentabilidad de un 7,403%, bajando 0,1% sobre la anterior.

Según el Real Decreto 413/2014 esta instalación está dentro del grupo: b.4 y dentro de este grupo, pertenece al b.4.2: "Centrales hidroeléctricas que hayan sido construidas



en infraestructuras existentes (presas, canales o conducciones) o dedicadas a otros usos distintos al hidroeléctrico”.

13.2 CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD

EL principal objetivo de este proyecto es la venta de energía. El precio de la energía está marcado por el Operador del Mercado Ibérico de Energía (OMIE). En el 2018 el precio medio de la energía fue de 57,29€/MWh que, junto a la prima recibida por la explotación, el precio de venta del MWh es de 65,53€ los 25 primeros años de actividad.

Los costes de explotación y mantenimiento anuales de la explotación se han considerado según el IDEA se estima que son entorno al 2% de los ingresos anuales en este tipo de instalación. Por lo tanto, nuestra central tendrá unos gastos anuales en O&M (operación y mantenimiento) de 10.599€.

Ingresos	92.555 €
Gastos Anuales	10.599 €
Subvención inicial	51.769 €

La tasa de rentabilidad de la central con el presupuesto estimado tendrá un valor del 10,165%, al ser mayor que la fijada por el Real Decreto mencionado antes, habrá que devolver parte de esta subvención.

El resultado del estudio es el siguiente:

r	Ciclo de vida	Concesión		Inversión
		25	40	40
2,000%	V.A.N.	828.519	1.347.403	
10,165%	T.I.R.	0	0	
7,400%	V.A.N.	175.185	275.969	239.250

Tabla 11: Resultado Económico. Fuente [1]



Este resultado viene obtenido del estudio de 35 años, teniendo en cuenta todos los aspectos que influyen económicamente en nuestro proyecto, respondiendo a las siguientes formulas y completando la siguiente tabla:

$$h = \frac{g}{(1+r)^b}$$

Ecuación 17. Variable presupuesto

$$m = \frac{e}{(1+r)^a}$$

Ecuación 18. Variable presupuesto.

$$n = \frac{d}{(1+r)^a}$$

Ecuación 19. Variable presupuesto

$$p = \frac{f}{(1+r)^a}$$

Ecuación 20. Variable presupuesto



a	b	c	d	e	f	g	h	j	k										
										TABLA					25	828.519	0	175.185	239.250
															40	1.347.403	45.644	275.969	7,40%
											928.162	-580.964	-107.948						
								2,000%	10,165%	7,400%	Ingresos	Inversión	O&M						
1	-1	2018	Estudio de factibilidad	-23.289			-23.289	-23.289	-23.755	-25.657	-25.013		-21.685						
2	0	2019	Autorización de la concesión	-223.649			-223.649	-246.938	-223.649	-223.649	-223.649		-193.891						
3	1	2020		-452.654			-452.654	-699.593	-443.779	-410.889	-421.466		-365.388						
4	2	2021	Comienzo de la producción		92.555	-10.599	81.955	-617.637	78.773	67.529	71.051	69.563		-7.966					
5	3	2022			92.555	-10.599	81.955	-535.682	77.228	61.298	66.155	64.770		-7.417					
6	4	2023			92.555	-10.599	81.955	-453.727	75.714	55.642	61.597	60.308		-6.906					
7	5	2024			92.555	-10.599	81.955	-371.772	74.229	50.508	57.353	56.152		-6.431					
8	6	2025			92.555	-10.599	81.955	-289.816	72.774	45.848	53.401	52.283		-5.987					
9	7	2026			92.555	-10.599	81.955	-207.861	71.347	41.618	49.722	48.681		-5.575					
10	8	2027			92.555	-10.599	81.955	-125.906	69.948	37.778	46.296	45.327		-5.191					
11	9	2028			92.555	-10.599	81.955	-43.950	68.577	34.292	43.106	42.204		-4.833					
12	10	2029			92.555	-10.599	81.955	38.005	67.232	31.128	40.136	39.296		-4.500					
13	11	2030			92.555	-10.599	81.955	119.960	65.914	28.256	37.371	36.588		-4.190					
14	12	2031			92.555	-10.599	81.955	201.915	64.621	25.649	34.796	34.067		-3.901					
15	13	2032			92.555	-10.599	81.955	283.871	63.354	23.282	32.398	31.720		-3.633					
16	14	2033			92.555	-10.599	81.955	365.826	62.112	21.134	30.166	29.534		-3.382					
17	15	2034			92.555	-10.599	81.955	447.781	60.894	19.184	28.087	27.500		-3.149					
18	16	2035			92.555	-10.599	81.955	529.736	59.700	17.414	26.152	25.605		-2.932					
19	17	2036			92.555	-10.599	81.955	611.692	58.529	15.807	24.350	23.841		-2.730					
20	18	2037			92.555	-10.599	81.955	693.647	57.382	14.349	22.673	22.198		-2.542					
21	19	2038			92.555	-10.599	81.955	775.602	56.257	13.025	21.110	20.668		-2.367					
22	20	2039			92.555	-10.599	81.955	857.558	55.154	11.823	19.656	19.244		-2.204					
23	21	2040			92.555	-10.599	81.955	939.513	54.072	10.732	18.302	17.918		-2.052					
24	22	2041			92.555	-10.599	81.955	1.021.468	53.012	9.742	17.041	16.684		-1.911					
25	23	2042			92.555	-10.599	81.955	1.103.423	51.972	8.843	15.866	15.534		-1.779					
26	24	2043			92.555	-10.599	81.955	1.185.379	50.953	8.027	14.773	14.464		-1.656					
27	25	2044			92.555	-10.599	81.955	1.267.334	49.954	7.286	13.755	13.467		-1.542					
28	26	2045			80.917	-10.599	70.318	1.337.652	42.020	5.675	10.989	10.963		-1.436					
29	27	2046			80.917	-10.599	70.318	1.407.969	41.196	5.151	10.232	10.207		-1.337					
30	28	2047			80.917	-10.599	70.318	1.478.287	40.389	4.676	9.527	9.504		-1.245					
31	29	2048			80.917	-10.599	70.318	1.548.605	39.597	4.245	8.870	8.849		-1.159					
32	30	2049			80.917	-10.599	70.318	1.618.923	38.820	3.853	8.259	8.240		-1.079					
33	31	2050			80.917	-10.599	70.318	1.689.240	38.059	3.497	7.690	7.672		-1.005					
34	32	2051			80.917	-10.599	70.318	1.759.558	37.313	3.175	7.160	7.143		-936					
35	33	2052			80.917	-10.599	70.318	1.829.876	36.581	2.882	6.667	6.651		-871					
36	34	2053			80.917	-10.599	70.318	1.900.193	35.864	2.616	6.208	6.193		-811					
37	35	2054			80.917	-10.599	70.318	1.970.511	35.161	2.375	5.780	5.766		-755					

Tabla 12: Estudio Económico Completo

13.3 CONCLUSIONES

Llegamos a una primera y clara conclusión, para que esta instalación sea rentable la venta de energía deberá hacer en un valor de 65,51 €/MWh mediante el aporte de la subvención estatal a las energías renovables.

El precio actual de la energía garantiza una rentabilidad de la instalación y además la tendencia de este es que siga aumentando. El retorno de capital invertido en la central lo recuperaremos antes de los diez años del comienzo de la actividad.

Este estudio se ha realizado sin contar con las ayudas de europeas de recuperación del patrimonio por lo que el proyecto se vuelve aún más atractivo y es aceptable realizar la inversión con una tasa de retorno razonable.

El flujo de caja es de prácticamente 82.000€ anuales y gracias al embalse, tenemos garantizados unos meses de máxima producción pudiendo hacer una repotenciación, si ponemos vistas al futuro.

14. IMPACTO AMBIENTAL

14.1 INTRODUCCIÓN

En el siguiente estudio encontraremos el impacto ambiental del proyecto de rehabilitación del antiguo molino y ferrería en el río Ebro, con el fin de realizar un análisis de impactos y soluciones que tendremos en el emplazamiento del proyecto.

La ley que rige la Evaluación Ambiental se aprobó el BOE el 11 de diciembre de 2013, dicha ley 21/2013 de 9 de diciembre. Se logra crear también la Evaluación Ambiental Estratégica de planes y programas y la Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos. Estas leyes son aplicables a nuestra central que además se deben adoptar y cumplir los decretos de nuestra comunidad, Cantabria.

Las condiciones de nuestra instalación necesitan un informe de impacto ambiental con la estimación del impacto por la Consejería de Medioambiente y Ordenación del Territorio, como bien está recogido en el anexo de este Decreto.

La central está pensada y diseñada para que los efectos producidos por su actividad sean los mínimos posibles, para así minimizar el impacto ambiental. No se puede negar que toda central mini hidroeléctrica y por supuesto hidroeléctrica, genera una serie de cambios e impactos ambientales en la zona de implantación. Con este estudio intentamos determinar el grado de importancia, identificar sus efectos y daños producidos y medidas correctoras ante estos cambios.



El primer paso para poder definir los daños producidos es conocer los dispositivos, funcionamiento y los procesos que va a ser la obra de la central, detallando en un informe previo el entorno medioambiental, social, político y económico de la zona.

Reflejaremos un inventario dividido en:

Hidrología, atmosfera, suelo, medio biótico, paisaje, medio social-económico, infraestructuras y patrimonio sociocultural como no podía faltar.

14.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este proyecto, reconstruiremos el antiguo molino actualmente en ruinas y la antigua ferrería como ya se ha hecho en otras similares.

La central, es una forma de aprovechamiento de la energía del río y una fuente clara de ingresos anuales. Este tipo de instalación es clave para el desarrollo regional, siendo una fuente de energía renovable y limpia, que aportaría una riqueza notable a la comarca.

14.3 INVENTARIO

Atmosfera

No disponemos de datos objetivos sobre la calidad del aire de la zona, ya que el CIMA no dispone de ninguna estación de medida de la zona del estudio.

Si somos realistas y tenemos en cuenta el entorno de la zona, sin industrias y con un tráfico prácticamente nulo a lo largo del día, podemos considerar una calidad del aire muy buena y más aun teniendo en cuenta los números montes colindantes.

Hidrología

El proyecto se localiza junto al río Ebro, en concreto el Alto Ebro, que comprende el tramo entre su nacimiento y la confluencia en el del Oca, Rela y Jerea. En este tramo hasta nuestra central el río va en dirección Norte-Sur, entre las laderas boscosas al cual fluyen numerosos arroyos de la zona. A causa de la baja temperatura y alta energía correspondiente a Rhithron, los tramos altos fluviales de aguas frías de temperaturas inferiores a los 20° C y rápidas.

El caudal está regulado por el Embale del Ebro y es muy fluctuante, desde su máximo de casi 41m³/s en las épocas de riego hasta 1 m³/s cuando vierten el caudal ecológico. El tramo del río también se caracteriza por su cambio de calado y ancho, pudiendo variar de 10 metro a 1,5 generando los rápidos y las balsas.

Hay pocas zonas con diversificación de la vena del agua. El sustrato está constituido por cantos rodados y arena principalmente.



El caudal del río como bien acabo de comentar, responde al régimen del embalse que está determinado por la regulación y las necesidades de la actividad agrícola. Los caudales máximos se recogen entre julio y septiembre, manteniéndose estable y mucho más bajo el resto del año. El caudal mínimo se recoge entre octubre y noviembre, cuando el embalse a soltado todo su volumen de agua y vuelve a llenarse.

· Calidad del agua

Aguas abajo ya del embalse, el Ebro ve afectada su calidad de las aguas tras el paso y vertidos de la comarca campurriana de Reinosa, zona con población e industrias. Los arroyos afluentes de la cuenca que va recogiendo el río llegan en una calidad excelente al fluir por un entorno muy bien preservado.

De acuerdo con la Confederación Hidrográfica del Ebro, la calidad es buena, pero con síntomas de eutrofización y turbidas, obteniendo una clasificación de A2 con el objetivo de obtener un C1. Tras la aplicación de la normativa que prohíbe el libre vertido de aguas domesticas al cauce, como la de los residuos ganaderos, podemos garantizar que se cumplirá el objetivo y que no es preocupante. [2.i]

Suelos

Se pueden distinguir una serie de clases agrologicas, las cuales son agrupaciones de suelos que presentan el mismo grado de limitaciones y/o riesgos de destrucción semejantes, que afecta a el un uso durante un periodo de largo tiempo. Estas limitaciones las podemos encontrar por el espesor o por la pobreza del suelo, por una elevada humedad edáfica o por posibles riesgos de erosión.

Estas clases de limitaciones las podemos agrupar en cuatro grupos:

- I. A: pocas o ninguna
- II. B: moderadas
- III. C: severas
- IV. D: muy severas

Los suelos dentro de A, B y C son susceptibles de un uso agrícola, quedando los de tipo D, que no lo serian dentro de un marco normal.

Los suelos de nuestra central corresponden a la clase C, con unas limitaciones severas, a causa principal por un exceso de agua en el perfil del suelo.

Medio Biótico

Vegetación: la vegetación en la zona de actuación corresponde con una vegetación de ribera bien desarrollada formada por alisos, chopos, fresno, sauces...



En la mayor parte del tramo, la vegetación continua por las laderas colindantes. Estas consisten principalmente en extensos robledales, se pueden considerar parte del gran bosque que antiguamente ocupaba esta zona, pero a causa de una tala masiva por el uso como materia prima como carbón vegetal en la ferrería su superficie se vio seriamente reducida, ahora la superficie de robledal es menor, pero con una recuperación muy acentuada.

Estas son las principales especies arbóreas de la finca de la Ferrería: pino de monterrey, pino abar, roble americano, roble (*quercus petra*), avellano (*corylis avellana*), arce (*arce pseudoplatanus*), sauce llorón (*salix babilónica*), ciruelo (*prunas domestica*), guindo, manzano y la haya.

En el tramo aguas debajo de la central, entre la Ferrería y Los Riconchos figura dentro del inventario Nacional de Hábitats, con tres enclaves de aliseda, considerado un hábitat de interés comunitario. Estos enclaves figuran como bien conservados y con una cobertura del 87,5%.

Fauna: los niveles no naturales de nivel y caudal de los meses de verano resulta perjudicial para la vida acuática. Estos factores frenan mucho la producción del bento y disminuyen el área ocupable por las especies de peces y las posibilidades de cría.

Por otro lado, estos hábitats acuáticos se encuentran favorecidos por el buen desarrollo de la vegetación de ribera y presencia de algunas islas. Siendo la vegetación acuática muy escasa.

Los índices de calidad del agua son buenos, BMWP suele dar unos valores de 100 y una notable presencia de familias macro-invertebrados acuáticos. La ictiofauna está compuesta, básicamente por la trucha (*salmo trutta*), el barbo (*Barbas grasellsii*), la madrilla (*chondrostoma toxostoma*) ...Es muy probable la presencia de otras especies introducidas, como la trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*) y la perca americana (*micropterus salmooides*). Entre los pescadores locales se comenta una alta presencia de anguila (*anguilla anguilla*).

La fauna de la ribera también cuenta con especies como la nutria (*lutra lutra*) y aves características de tramos fluviales como garzas (*ardeacinerea*), el mirlo acuatico (*cinclus cinclus*) y martin pescador (*alcedo tais*).

En las zonas de robledal, a causa fundamentalmente de las manchas boscosas y de la escasa actividad humana, es abundante la fauna silvestre, con diversos mamíferos, como le corzo (*capreolus capreulus*), el jabalí (*sus scrofa*) y la garduña (*martes foina*), el lobo (*canis lupus*), el raposo (*culpes culpes*) y el tasugo (*meles meles*). Son comunes las aves como el pico mediano (*dendrocopus medius*), jilgueros (*carduelis*), golondrinas (*hirundo Rustica*), mochuelo común (*athene noctua*), la urraca (*Píca Pica*) el agateador común (*certhiabrachydactyla*), el trepador azul (*sitta europea*), el carabo (*strix aluco*), los ratoneros



(parus caeruleus), el carbonero común (parus major), el mirlo (turdus merula) y muchos más. Dentro de los reptiles nos podemos encontrar con el lución (anguis fragilis), el lagarto verdinegro (lacerta scheiberei) o la vibora de Seoane (vipera seoneari) y anfibios como la salamandra (salamandra salamandra) o la rana bermeja.

Paisaje

La Ferrería, como bien sabemos ya, se localiza un kilómetro aguas arriba del pueblo de Bustasur, dentro del municipio de las Rozas de Valdearroyo en el sur de Cantabria. El es característico el relieve de la zona, la presencia de amplias masas de robledales y bosque de ribera a la orilla del Ebro. La topografía arquitectónica tradicional de la zona presenta características de especial interés. [2.]

Medio socioeconómico

El municipio está afectado por una fuerte recesión demográfica a la que se añade el estancamiento y merma de la agricultura y sobre todo ganadería. En los meses de verano se nota la influencia del turismo activo gracias a la explotación del río con fines lúdico-deportivos.

Infraestructuras

El entorno es totalmente rural. La infraestructura que dispone la zona es la siguiente:

- Ferrocarril: el tren de la Robla, perteneciente a FEVE, con parada en Montesclaros a escasa distancia
- Red de saneamiento: no existe, los vertidos que se generan en la instalación se verterán la río, previamente filtrados.
- Red eléctrica: existe una línea de 12 kV a 90 metros de la Ferrería.
- Red de telefonía: la central no dispone de línea telefónica.

Patrimonio

En el pueblo de Bustasur, se sitúa la iglesia de San Julián, iglesia románica más interesante del municipio de las Rozas consagrada en el año 1112.

14.4 ANÁLISIS DE IMPACTO

Llegados a este punto el objetivo es analizar y valorar los impactos ambientales a los que previsiblemente provocaremos con la construcción y funcionamiento de la central y al mismo tiempo adoptaremos las medidas correctoras necesarias para compensar estos daños.

Los impactos los llevaremos a cabo en dos fases, una la de construcción y otra la de explotación. Al ser este un proyecto académico, estos impactos serán identificados de manera cualitativa, para poder hacernos una idea del orden de magnitud y del grado de importancia



de los distintos impactos producidos. Seguiremos los criterios del Real Decreto 50/91, de 29 de abril de Evaluación de impacto Ambiental para Cantabria:

14.4.1 Impactos en la construcción

Impactos en el clima

La construcción de la obra civil va a afectar la zona vegetal reduciendo la humedad de la superficie y los árboles que van a ser talados van a ser mínimos, limpiando el cauce y produciendo un efecto positivo con vistas a riadas.

Impactos temporales y con mínima importancia

Impactos en el aire

La obra y los vehículos levantarán polvo, afectando las personas de las cercanías de las vías de acceso pudiendo verse también afectada la fauna y flora por una reducción fotosintética.

Impactos temporales y con mínima importancia.

Impactos en la hidrología

En la construcción del azud, puede que parte de los materiales caigan y se queden en el río, produciendo un efecto contaminante en sus aguas y lecho. La precipitación de áridos es otro factor que puede contribuir a la contaminación sin olvidarnos de los contaminantes que tienen que ver con el día continuo de la construcción.

Impactos en el suelo

Como el proyecto se basa en la reutilización y reconstrucción, las capas del suelo no se verán gravemente afectadas. Si que se producirá un mínimo cambio vegetal al llevar a cabo el desbroce y la necesidad de nuevas medidas pueden probar una erosión de la zona.

Impacto en la fauna

Un cambio o una destrucción de ciertos hábitats puede producir que desaparezcan ciertas especies animales. La importancia y la magnitud de este impacto se basa en los efectos causados a la vegetación, siendo esta el hogar de las diferentes especies de animales.

La fauna acuática puede verse afectada por la contaminación del agua. Puede producirse un acumulamiento de partículas en suspensión, afectando a las peces, reduciendo la población del entorno y afectando en todo el ecosistema.



Impacto muy importante, pero de poca magnitud.

Impacto en el paisaje

El impacto será mucho menor que si nos encontráramos con una nueva instalación, ya que reconstruiremos el molino y antigua ferrería. Las alteraciones que se producirán serán temporales a causa de las labores de reconstrucción.

Impacto en el paisaje

La construcción de la central y sus instalaciones producirá un efecto totalmente positivo en la economía comarcal. Además, creará puestos temporales ligados al mantenimiento.

Impacto en el cauce

En la salida de la turbina, la fuerza del agua puede provocar una sobrepresión y debido a esta una erosión más acentuada de la natural.

Es un efecto de carácter serio es importante, pero de escasa magnitud, ya que disponemos de un largo canal y el lecho del río cuenta con grandes cantos que absorben esta sobrepresión.

La reconstrucción y elevación del azud generará una mayor sedimentación del caudal y del residuo sólido que este trae. El agua más clara tiene una capacidad mayor para arrastrar por lo que produce una mayor erosión.

Impacto en el suelo

Este recrecimiento del azud elevará la lámina libre de agua media durante mayor tiempo. Esto repercutirá en el flujo natural de río, pero en todo momento se respetará el cauce natural.

El estancamiento de las aguas puede producir un empeoramiento de la calidad del agua. Este fenómeno puede generar una grave eutrofización, proceso natural que consiste en el enriquecimiento del agua con nutrientes a ritmo no permisivo de una compensación por parte de la mineralización total, reduciendo el oxígeno de las aguas profundas.

Impacto en la fauna acuática

Las modificaciones de caudal y el estancamiento de las aguas puede causar una desaparición o cambio de las especies del río. Lo que implica un impacto muy dañino durante la explotación del recurso.



El azud equivale a una barrera para las especies del río, por lo que este impacto lo intentamos mitigar con la construcción de la escala de peces.

Hay que considerar también la posible entrada de los peces más pequeños a la turbina. La manera de mitigar este factor es con el diseño de la reja.

Impacto en la fauna terrestre

La generación eléctrica no producirá prácticamente ningún daño al tener ya el canal construido.

Impacto en el paisaje

Al no realizarse grandes modificaciones respecto las edificaciones previas a la central eléctrica, los impactos en el paisaje serán muy escuetos.

Impacto sobre las actividades de ocio

Las actividades de ocio verán afectada su actividad claramente al encontrarse con azud reconstruido y además levantado para caudales menos a los 25m³/s. Para reducir y permitir el paso se habilitará la escala de peces para que puedan seguir disfrutando de las actividades del río.

Estamos ante una minicentral hidroeléctrica, por lo que el ruido producido en el interior de la central será mínimo, entorno a los 30-35 dB con un aislamiento de calidad. [2.]

14.5 MEDIDAS PREVENTIVAS

Habrá que determinar una serie de medidas en el diseño, ejecución y explotación para minimizar estos impactos mencionados en el estudio del aprovechamiento que tienen un efecto negativo.

14.5.1 Medidas durante la fase de proyecto

Minimizar los efectos ambientales de la central ha sido uno de los principales objetivos del diseño del proyecto, con las siguientes medidas se ha intentado que las alteraciones fuesen las mínimas.

1. El edificio principal sigue las líneas constructivas locales
2. La rejilla de la entrada de la toma evita la entrada de pequeños peces y animales.



3. La escala de peces permitirá el paso de los peces sin alterar sus procesos biológicos y además se integrará perfectamente en la orografía y se construirá combinando los elementos modernos con los naturales.
4. La elevación del azud para no provocar grandes inundaciones y tener un control se hará mediante un azud neumático regulable en todo momento.
5. El transformador de corriente que se utilizará para la conexión de nuestra central con la subestación de la compañía Viesgo será de tipo seco y encapsulado, para evitar toda posibilidad de contaminación del río con una fuga de aceite.

14.5.2 Medidas durante la fase de construcción

Los efectos de esta se reducirán al concienciar y al mantener una alta sensibilidad ambiental para evitar impactos y efectos innecesarios.

Todos los terrenos removidos se regenerarán con hidrosiembras con especies nativas.

1. Todos los terrenos removidos se regenerarán con hidrosiembras con especies nativas.
2. No se verterá ningún vertido ni partícula al río.
3. Habrá un control del tráfico y se establecerá un horario de camiones. Limpiando la vía en caso de ensuciarla.
4. Las maquinas utilizadas serán siempre las más pequeñas posibles y solo se moverán lo justo y en la zona de la obra.
5. Los excesos de tierra se llevarán a zonas habilitadas.
6. Las casetas de obra se instalarán en las zonas que menos se vean, zonas con escaso valor paisajístico.
7. Se mantendrán húmedas las zonas que se pueda levantar polvo y en las expuestas al viento para reducir el efecto negativo del polvo.
8. Se decantarán las aguas residuales de los lavados.
9. Se utilizarán lonas para que no se vierta ningún residuo al río, sobre todo durante la construcción del azud.



14.5.3 *Medidas durante la fase de servicio*

1. No se harán, salvo en caso de emergencia, descargas de limos en las épocas delicadas, estiaje y/o freza de peces.
2. Siempre se verterá el caudal ecológico.
3. Para no producir un exceso de ruido, las entradas de la central se mantendrán cerradas.

14.6 PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Este plan de vigilancia debe tener la capacidad de cambiar, o modificar en la central a las nuevas condiciones que se plantee. Consiste controlar una serie de parámetros prefijados que sirven como indicación de alteraciones definidas en el anterior estudio de evaluación ambiental.

14.6.1 *Vigilancia en la construcción*

Debe existir una revisión de la realización de las medidas correctoras encaminadas a mitigar los efectos contraproducentes producidas por la instalación. Ajustando o modificando estas medidas si fuera necesario.

Es necesario comprobar la calidad, el origen y una correcta puesta en obra de los elementos y materiales utilizados. También es necesario un seguimiento en el área de influencia del proyecto respecto a planes y proyectos que puedan repercutir en la zona. [2.k]

14.6.2 *Vigilancia en la operación*

En la central habrá una serie de medidores para garantizar que se está vertiendo en todo momento el caudal ecológico. También habrá instalados una serie de alarmas ante posibles catástrofes medioambientales en el agua, causadas por pérdidas en los aliviaderos.

Un equipo controlará periódicamente la fauna acuática en el tramo de río de la central controlando los efectos de esta sobre el medio. La vegetación también contra con una revegetación y un control.

Para los procesos que produzcan una erosión estarán controlados con medidas de actuación definidas en caso de actuación. [2.k]



INFORME ANUAL

Se publicará un informe anual en el que se encontraran los datos obtenidos, indicando la eficiencia de las medidas correctoras y haciendo una recomendación de nuevas medidas en caso de ser necesarias, así como mecanismo para su seguimiento y control.

14.7. CONCLUSIONES

A vista de todos queda que este proyecto tiene un impacto muy asumible, pudiéndolo declarar un impacto ambiental COMPATIBLE.

En la fase de construcción, como viene siendo lo normal, es la fase en la que más aspectos negativos se recogen. Al contrario que en la fase de servicio que como hemos visto con sus debidas medidas y con un adecuado plan de vigilancia, los impactos negativos quedan prácticamente mitigados. El proyecto es viable por un factor más.

Los costes del plan de vigilancia los asume el Contratista, llevándose a cabo por la Dirección de Obra. La manera de realizar los informes necesarios y la forma de adoptar las rutinas queda registrada en el programa.



15. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

15.1 MEMORIA DE SS

15.1.1 OBJETO DEL ESTUDIO

Este estudio de Seguridad y Salud establece, durante el periodo de obras en el proyecto de *Habilitación de central hidroeléctrica en la Ferrería de Bustasur*, a un kilómetro del pueblo de Bustasur perteneciente al término municipal de la Rozas de Valdearroyo, las previsiones respecto a prevención de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento y las instalaciones receptoras de salud y bienestar de los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos laborales, facilitando el desarrollo del proyecto, bajo el control de la Dirección de Obra, de acuerdo con el Real Decreto 1.627/1997 de 24 de octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

15.1.2 SEÑALIZACIÓN Y ACCESO

Las obras se llevarán a cabo en las proximidades de las vías de comunicación existentes, aunque el tráfico de la zona sea mínimo no hay muchos caminos alternativos hacia el pueblo de Bustasur. Cuando afectemos a las vías públicas, solicitaremos con el suficiente tiempo de antelación, la autorización de los diferentes Organismos, adoptando las medidas que a tal efecto prescriban.

Las señalizaciones utilizadas en los dos accesos serán:

- "ZONA DE OBRAS "
- " PROHIBIDO EL PASO A PERSONAS NO AUTORIZADAS A LA OBRA "
- "SALIDA DE CAMIONES"
- " OBLIGATORIO EL USO DE CASCO ".
- "CEDA AL PASO "
- "STOP "

Se hará una comprobación periódica del estado de la señalización, para reemplazarla, sustituirla o suprimirla cuando sea necesario.



15.1.3 SERVICIOS AFECTADOS

Desde el punto de vista de la Prevención de Riesgos Laborales, la relación de servicios afectados son los siguientes:

- Líneas eléctricas aéreas
- Tráfico rodado

15.1.3.1 Líneas eléctricas.

Las medidas de seguridad que debemos tomar ante las líneas eléctricas:

Solicitaremos a la compañía distribuidora, por escrito realizar el descargo en los casos necesarios. Si no se puede llevar a cabo el descargo, se considerarán las distancias mínimas de seguridad, entre los cuerpos en tensión y la parte más cercana a ellos, siempre en la situación más desfavorable. [2.d]

Bloqueo y barreras de protección.

Las máquinas de elevación deben llevar unos enclavamientos o bloqueo de tipo eléctrico o mecánico que impidan sobrepasar estas distancias mínimas de seguridad.

Para las máquinas como grúas, palas, excavadoras, etc., se señalizarán las zonas que no deben traspasar y para ello se interpondrán barreras que impidan todo contacto con las partes en tensión.

Estas barreras deben fijarse de forma segura y resistir los esfuerzos mecánicos usuales.

El espacio vertical máximo entre los largueros y las tablas no debe sobrepasar un metro.

En lugar de colocar largueros o tablas, se pueden utilizar cables de retención provistos de adecuada señalización.

Los cables deben estar bien tensos. El espacio vertical entre los cables de retención no debe ser superior a 0.50 metros.

Paso bajo líneas aéreas en tensión.

La altura de paso máxima bajo líneas eléctricas aéreas debe estar delimitada por barreras de protección.

Deben colocarse barreras en cada lado de la línea. Su alejamiento de la zona peligrosa viene determinado por la configuración de las zonas (depresiones de terreno o terraplenes).

La altura de paso máxima debe ser señalada por paneles apropiados



fijados a la barrera de protección.

Las entradas del paso deben señalarse en los dos lados.

Recomendaciones a observar en caso de accidente

Caída De Línea.

Se debe prohibir el acceso de personal a la zona de trabajo hasta que un especialista compruebe que la línea está sin tensión.

No se debe tocar a las personas en contacto con líneas eléctricas en carga. En el caso de estar seguros de que se trata de una línea de baja tensión se intentara separar al accidentado mediante elementos no conductores, sin tocarle directamente. [2.i]

Accidentes Con Máquinas.

En el caso de contacto de líneas eléctricas aéreas con máquinas de excavación, transportes, etc. deben observarse las siguientes normas:

El conductor maquinista: (estas recomendaciones se entregarán por escrito con acuse de recibo)

- Se mantendrá la calma en todo momento, incluso si arden los neumáticos.
- Permanecerá en su puesto de mando o en cabina, debido a que allí está libre de electrocución.
- Intentará retirar la máquina de la zona de contacto con la línea y se colocará fuera de las zonas con peligro.
- Avisará a las personas del peligro que se puedan encontrar, y que no deben tocar la máquina.
- No descenderá de la máquina hasta que no se encuentre a una distancia segura. Si lo hace antes el conductor entra dentro de la línea de electrocución.
- Si se puede y solo en caso de extrema necesidad, apartar la máquina, descenderá saltando lo más lejos que pueda sin tocar la máquina.

Normas Generales De Actuación.

- No tocar la máquina o la línea caída a tierra.
- Permanecer inmóvil o salir de la zona a pequeños pasos.
- Advertir a las otras personas amenazadas para que no toquen la máquina o la línea y que no efectúen actos imprudentes.

15.1.3.2 Tráfico Rodado

En aquellos puntos donde afectemos a vías de uso público, bien mediante desvíos, bien mediante cortes con paso alternativo, emplearemos la señalización



indicada en los croquis que se adjuntan, recurriendo a señalistas si el caso lo demanda. [2.i]

En cualquiera de los casos que se afectase a carreteras de la Red de Interés General del Estado, se seguiría, para su señalización, lo dispuesto en la Norma de Carreteras 8.3 - IC "Señalización de obras".

15.1.4 MEDIOS AUXILIARES

Normas y Condiciones de Seguridad:

Escaleras de mano

Las de madera tendrán los largueros de una sola pieza y los peldaños estarán ensamblados y no clavados.

No deben salvar 5 metros a menos que estén reforzadas en su centro quedando prohibido su uso para alturas superiores a 7 m.

Para alturas mayores, será obligatorio el empleo de escaleras especiales susceptibles de ser fijadas sólidamente por su cabeza y su base y será obligatoria la utilización de cinturón. Las escaleras de carro estarán dotadas de barandillas y otros dispositivos que eviten las caídas.

Se apoyarán sobre superficies planas y sólidas.

Estarán provistas de zapatas, grapas, puntas de hierro, etc., antideslizante en su pie y de gancho de sujeción en la parte superior.

Sobrepasarán en 1 metro el punto superior de apoyo.

Si se apoyan en postes se emplearán abrazaderas.

Prohibido transportar a brazo pesos superiores a 25 Kg.

La distancia entre los pies y la vertical de su punto superior de apoyo, será la cuarta parte de la longitud de la escalera hasta tal punto de apoyo.

Las escaleras de tijera o dobles, de peldaños, estarán dotadas de cadena o cable para evitar su cobertura y de topes en su extremo superior.

Sierras circulares

Máquinas De Cortar Madera:

Estarán dotadas de cuchillo divisor cuya distancia al disco será de 3mm. como máximo y espesor igual al grueso del corte de la sierra, o ligeramente inferior.

Protector de disco que estará sujeto a la parte superior del cuchillo divisor. Las chapas protectoras laterales estarán unidas con una madera metálica que permita ver el sentido del corte.



Estarán dotados de un interruptor de puesta en marcha de tal manera que no será fácil su puesta en marcha accidental.

Estarán dotadas de carcasa de protección de los elementos móviles.

Estarán dotadas de toma de tierra directa o a través del conductor de protección, incluido en la manguera de alimentación de energía eléctrica.

El operario llevara su pantalla protectora. [2.I]

Manejo de materiales con medios mecánicos

En todas las grandes obras, gran parte del movimiento de materiales se realiza por medios mecánicos.

La caída de la carga obedece siempre a fallos técnicos o a fallos humanos.

Los fallos técnicos los podemos encontrar de una manera especial en la rotura de ganchos, eslingas y cables.

Los fallos humanos los encontramos en la mala elección o en la utilización incorrecta de estos elementos auxiliares.

Ganchos:

Los accidentes debidos a fallos de ganchos pueden ocurrir por cuatro causas fundamentales:

- Exceso de carga: nunca sobrepasar la carga máxima de utilización.
- Deformación del gancho: no usar ganchos viejos, no enderezar los ganchos.
- Fallos de material en el gancho.
- Desenganche de la carga por falta de pestillo.

Cables:

Existen muchos tipos de cables, según la disposición de alambres y cordones de la forma de enrollamiento, etc.

Cada tipo de cable está pensado para una utilización concreta, usarlo de otra forma puede dar lugar a accidentes, por tanto, debemos:

- Elegir el cable más adecuado.
- Revisarlo frecuentemente.
- Realizar un mantenimiento correcto.

Un cable está bien elegido si tiene la composición adecuada y la capacidad de carga necesaria para la operación a realizar, además de carecer de defectos apreciables. No obstante, se puede dar una regla muy importante:



Un cable de alma metálica no debe emplearse para confeccionar eslingas, porque puede partirse con facilidad aun con cargas muy inferiores a lo habituales. Por eso es absolutamente necesario revisar los cables con mucha frecuencia, atendiendo especialmente a:

- Alambres rotos.
- Alambres desgastados.
- Oxidaciones.
- Deformaciones.
-

En cuanto a mantenimiento de los cables, damos a continuación las siguientes reglas:

- Desarrollo de cables: si el cable viene en rollos, la manera correcta es rodar el rollo. Viniendo en carrete, se colocará éste de forma que pueda girarse sobre eje.
- Cortado de cables: El método más práctico para cortar un cable es por medio de soplete; también puede utilizarse una cizalla.
- Engrase de cables: La grasa reduce el desgaste y protege al cable de la corrosión.
- Almacenamiento de cables: Deberá ser en lugares secos y bien ventilados, los cables no deben apoyar en el suelo.

Eslingas:

Eslingas y estrobos son elementos fundamentales en el movimiento de cargas, su uso es tan frecuente en las obras que a menudo producen accidentes debido a la rotura de estos elementos o al desenganche de la carga.

En general, estos accidentes pueden estar ocasionados por:

1. Mala ejecución de la eslinga: Las gazas de las Eslingas pueden estar realizadas de tres maneras.

- ❖ *Gazas cerradas con costuras:* La costura consiste en un entrelazado de los cordones del cable. Tienen buena resistencia.
- ❖ *Gazas cerradas con perrillos:* Son las más empleadas por lo sencillo de su ejecución. El número de perrillos y la separación entre ellos depende del diámetro del cable que se vaya a utilizar.
 - Hasta 12 mm. Núm. perrillos 3 Distancia 6 Diámetros
 - 12 m. a 20 mm. Num. perrillos 4 Distancia 6 Diámetros
 - 20 mm. a 25 mm. Num. perrillos 5 Distancia 6 Diámetros
 - 25 m. a 35 mm. Num. perrillos 6 Distancia 6 Diámetros
- ❖ *Gazas con casquillos prensados:* Se caracteriza porque se realiza el cierre absoluto de los dos ramales mediante un casquillo metálico.



2. Elección de eslingas: Para elegir correctamente una eslinga, se tendrá en cuenta que el cable que la constituye tenga:

- ❖ *Capacidad de carga suficiente.* fundamentalmente del ángulo formado por los ramales. Cuanto mayor sea el ángulo más pequeña es la capacidad de carga de la eslinga. Nunca debe hacerse trabajar una eslinga con un ángulo superior a 90 grados (Ángulo recto).
- ❖ *Composición del cable de la eslinga.* Deben emplearse siempre cables muy flexibles, por eso se desestiman los de alma metálica. Otra norma muy importante es la de no utilizar jamás redondos de ferralla (cabillas o latiguillos) para sustituir a la eslinga.

3. Utilización de eslingas: Para utilizar correctamente eslingas y estrobos, debemos tener en cuenta los puntos siguientes:

- ❖ Cuidar del asentamiento de las eslingas, es fundamental que la eslinga quede bien asentada en la parte baja del gancho.
- ❖ Evitar los cruces de eslingas. La mejor manera de evitar éstos es reunir los distintos ramales en un anillo central.
- ❖ Elegir los terminales adecuados. En una eslinga se puede colocar diversos accesorios: anillas, grilletes, ganchos, etc., cada uno tiene una aplicación correcta.
- ❖ Asegurar la resistencia de los puntos de enganche.
- ❖ Conservarlas en buen estado. No se deben dejar a la intemperie y menos aún tiradas por el suelo. Como mejor están es colgadas.

Andamios

Asentamiento

Para garantizar la perfecta estabilidad del andamio se colocarán placas_base que permitan repartir la carga o empleando durmientes si el terreno no es_suficientemente consistente. [2.d]

Montaje

En el montaje se tendrá en cuenta:

- Cinturón de seguridad.
- Arrostramiento del andamio.
-

Una vez montado el andamio y habiendo aplicado todos los elementos y condiciones para su seguridad estructural, habrán de montarse los elementos de seguridad personal, siendo éstos los siguientes:



Plataformas de trabajo.
Sujeta-tablones.
Rodapiés.
Barandillas.

Plataformas de Trabajo

Las condiciones que han de tener las plataformas de trabajo nos las indica la Ordenanza General en su artículo 20, apartado 1, que dice: "Las plataformas de trabajo, fijas o móviles, estarán constituidas de materiales sólidos, y su estructura y resistencia será proporcional a las cargas fijas o móviles que hayan de soportar". Y el mismo artículo en su apartado 2: "Los pisos y pasillos de las plataformas serán antideslizantes, se mantendrán libres de obstáculos y estarán provistos de un sistema de drenaje que permita la eliminación de productos resbaladizos.

El ancho de la plataforma de trabajo viene determinado por el artículo 221 de la Ordenanza de la Construcción, cuyo párrafo siguiente dice: "El ancho del andamio deberá ser como mínimo de tres tablones de 20 cm. de ancho y 5 cm. de grueso, de madera bien sana, sin nudos saltadizos ni otros defectos que puedan producir roturas".

Respecto a la resistencia de la madera a emplear, la Ordenanza de la Construcción, en su artículo 198 nos indica que: "La madera empleada en andamios y demás medios auxiliares ofrecerá la resistencia suficiente para el objeto a que se destine pudiendo incluso haber sido utilizada anteriormente en otros usos, siempre que su estado, a juicio de la Dirección Técnica de la obra o de la persona responsable, delegado de la misma, sea tal que se encuentre apta para realizar que resulte aceptable" Y las uniones, según el artículo 221 de la Ordenanza de la Construcción: "Los empalmes del piso de las andamiadas se efectuarán siempre sobre los puentes correspondientes". [2.i]

Barandillas

La colocación de barandillas de seguridad es obligatoria en todos los lugares en los que la plataforma de trabajo este a una altura superior a 2m. Tal como nos dice el artículo 20 de la Ordenanza General en su apartado 3: "Las plataformas que ofrezcan peligro de caída desde más de 2 m., estarán protegidas en todo su contorno de barandillas y plintos, con la condición que señala el artículo 23", las condiciones de la barandilla que nos indica el artículo 23 de la misma Ordenanza, en sus apartados 1 y 2, son:

1. "Las barandillas y plintos o rodapiés serán de materiales rígidos y resistentes".
2. "La altura de las barandillas será de 90 cm, como mínimo, a partir del nivel del piso, y el hueco existente entre el plinto y la barandilla estará protegido por una



barra horizontal o Listón intermedio, o por medio de barrotes verticales, con una separación máxima de 15 cm. "Y por último, vemos que la Ordenanza de la Construcción también nos indica la necesidad de colocar barandillas de seguridad, en el artículo 206, que dice, entre otras cosas: "Todo el contorno de los andamios que ofrezcan peligro de caída será protegido por sólidas y rígidas barandillas de madera o metálicas de 0,90 m. de altura sobre nivel del piso.

Las barandillas rodearán el perímetro de riesgo. Deberán tener la suficiente resistencia para que se garantice la retención de las personas.

15.1.5 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LAS PRINCIPALES UNIDADES CONSTRUCTIVAS

Desde el punto de vista de la Prevención de Riesgos Laborales, a la hora de realizar el presente Plan de Seguridad y Salud, se ha decidido hacer especial hincapié en las siguientes unidades de obra, dado que la estadística nos dice que son las de mayor riesgo contra la seguridad y salud laboral:

- Operaciones de Dragado
- Ejecución de estructuras

15.1.5.1 Ejecución de Estructuras

Las labores de ejecución de estructuras componen acciones de movimiento de piezas voluminosas, colocación de estas y hormigonado de la estructura.

Riesgos más comunes

- Caídas del personal
- Golpes por objetos
- Caídas de objetos
- Caídas producidas por las condiciones del mar
- Interferencia con labores de pesca
- Atrapamientos por maquinaria
- Ahogamiento
- Aplastamiento de brazos o piernas por la caída de una pieza

Normas fundamentales de Seguridad

- El personal estará perfectamente informado de todos los riesgos que implica este trabajo.
- Estará terminantemente prohibido acceder o salir de la barcaza sin el consentimiento pertinente del encargado de la obra y siempre y cuando esta esté en puerto o se tenga servicio de barcaza de apoyo.



- Si los trabajos requieren iluminación, se usarán para tal fin torretas aisladas con toma de tierra. Si la iluminación deseada es portátil, se efectuará mediante lámparas portátiles de 24 V., Dotadas de rejilla protectora y mango aislante.
- Se deberá revisar el estado de la maquinaria a bordo con frecuencia así como que la sujeción de la pontana no sufre deriva.
- En el movimiento de piezas se asegurarán los correaes y eslingas previamente al movimiento de las piezas.
- Si se observa que durante el izado de algunas de las piezas la estabilidad de la maquinaria o la seguridad de las personas corre peligro, se abortará el proceso.
- No se sobrepasará el numero de 3 piezas por viaje en la carga de la barcaza de transporte.
- Uso de avisadores ópticos y/o acústicos en la maquinaria y vehículos que intervengan en estas labores.
- Los conductores de vehículos pesados y maquinaria habrán de emplear cinturones antivibratorios.
- Instalación y revisión de señalización de prohibición de acceso a terceros a las zonas de obra.

Equipo de protección personal recomendable

- Cascos y calzado de seguridad.
- Ropa de Trabajo adecuada.
- Ropa y calzado impermeable.
- Mascarillas y filtros
- Cinturones de seguridad
- Guantes de cuero y de goma
- Protectores oculares ya auditivos
- Protecciones colectivas adecuadas según casos

15.1.6 MAQUINARIA

Normas y Condiciones de Seguridad

Cargadoras

- Se inspeccionará el terreno en que ha de trabajar la máquina, ante el peligro de posibles agujeros, surcos, hierros o encofrados.
- Se desconectará el motor cuando se aparque y siempre sobre terreno firme y llano. Si existiese una pequeña inclinación no es suficiente con aplicar los frenos, se colocarán calzos en las ruedas o en las cadenas.



- Se llevará ropa adecuada.
- Se revisará el funcionamiento de todos los elementos de la máquina antes de empezar cada turno, especialmente luces, frenos, claxon. Se vigilará que no haya derrame de aceites o combustibles.
- Cuando las revisiones se lleven a cabo en el lugar de trabajo porque no haya ningún foso de inspección disponible, lo normal es levantar la máquina con la pala de un extremo, permitiendo así el poderse situar debajo de la máquina. Cuando se hace esta operación la máquina debe estar bloqueada en la posición elevada, por ejemplo, utilizando traviesas de ferrocarril.
- No se circulará nunca con la cuchara en alto, tanto si está llena como
- No se subirán pendientes marcha atrás con el cucharón lleno.
- Se irá siempre hacia delante.

Retroexcavadora:

- Las máquinas con ruedas deben tener estabilizadores.
- Se colocarán de manera que las ruedas o las cadenas estén a 90 grados respecto a la superficie de trabajo, siempre que sea posible. Esto permite mayor estabilidad y un rápido retroceso.
- Si se utiliza la retroexcavadora sobre cadenas, con pala frontal, deben quedar las ruedas cabillas detrás, para que no puedan sufrir ningún daño, debido a la caída fortuita de materiales.
- Cuando se suba o baje por un camino con una pendiente pronunciada, es necesario situar la cuchara a una altura que no choque con los posibles obstáculos, pero lo suficientemente baja como para actuar de soporte de la máquina en caso de que ésta fuese a volcar.
- Se debe cargar el material en los camiones de manera que la cuchara nunca pase por encima de la cabina del camión o del personal de tierra.
- Cuando se realice la carga, el conductor del vehículo debe estar fuera de la cabina, alejado del alcance de la posible pérdida de material y en un punto de buena visibilidad para que pueda actuar de guía. Si el vehículo tiene una cabina de seguridad, estará mejor dentro de ella.
- Siempre que se cambien accesorios, nos aseguraremos de que el brazo esta abajo y parado. Cuando sea necesario, en algunas operaciones de mantenimiento, por ejemplo, trabajar con el brazo levantado, utilizaremos puntales para evitar que vuelque. Esta advertencia también es válida para las palas cargadoras.

**Camiones:**

- Las maniobras de marcha atrás, al estar el conductor invadiendo zonas que no ve, son causas de accidentes graves.
- Se puede evitar mediante señalización acústica y óptica que actúe automáticamente, al colocar la palanca de cambio en la posición de marcha atrás.
- Deberá existir una persona que facilite las maniobras señaladas anteriormente, así como aquellas de aproximación al vaciado o borde de excavación, independiente de la colocación de topes que impidan de una manera efectiva la caída del camión o de la máquina.
- Perfecta visibilidad del conductor.
- Uso de casco.
- Disponer de extintor.
- No transportar a personas en las máquinas.
- El operario estará dotado de cinturón anti vibratorio.
- Se conservarán adecuadamente las vías de servicio.
- Se colocarán carteles de "PRECAUCION MOVIMIENTO DE MAQUINAS PESADAS".
- No se carga por encima de la cabina

Camión grúa:

- Todas las indicadas en el punto anterior
- Durante la elevación, la grúa ha de estar bien asentada sobre terreno horizontal, con todos los gatos extendidos adecuadamente, para que las ruedas queden en el aire. De existir barro o desniveles, los gatos se calzarán convenientemente.
- Durante el desarrollo de los trabajos, el operador vigilara atentamente la posible existencia de líneas eléctricas aéreas próximas.
- En caso de contacto con una línea eléctrica, el operador permanecerá en la cabina sin moverse hasta que no exista tensión en la línea o se haya deshecho el contacto.
- Si fuese imprescindible bajar de la maquina lo hará de un salto.
- En los trabajos de montaje y desmontaje de tramos de pluma, se evitará situarse debajo de ella.
- A fin de evitar atrapamientos entre la parte giratoria y el chasis, nadie deberá permanecer en el radio de acción de la máquina.
- El desplazamiento de la grúa con carga es peligroso. Si el realizarlo fuera imprescindible, deberán observarse minuciosamente las siguientes reglas:
 - * Poner la pluma en la dirección del desplazamiento.



- * Evitar las paradas y arranques repentinos.
- * Usar la pluma más corta posible.
- * Guiar la carga por medio de cuerdas.
- * Llevar recogidos los gatos.
- * Mantener la carga lo más baja posible.

Camión bomba de hormigón:

- El operador utilizara gafas protectoras.
- Se revisará la tubería, principalmente el tramo de goma.
- En los casos que la tubería sea de enchufe rápido, se tomaran medidas para evitar la apertura intempestiva de los pestillos.
- Se asentarán los gatos en terreno firme, calzándolos con tablones en caso necesario.
- Se tendrá especial cuidado cuando haya que evolucionar en presencia de líneas eléctricas aéreas en carga, manteniéndose en todo momento las distancias de seguridad.
- Se vigilará frecuentemente los manómetros, un aumento de presión indicaría que se ha producido un atasco.
- Con la maquina en funcionamiento, no manipular en las proximidades de las tajaderas.
- No intentar nunca actuar a través de la rejilla de la tolva receptora. En caso ineludible, parar el agitador.
- Para deshacer un atasco no emplear aire comprimido.
- Al terminar el bombeo limpiar la tubería con la pelota de esponja, poniendo la rejilla en el extremo.
- Si una vez introducida la bola de limpieza y cargado el compresor, hubiera que abrir la compuerta antes de efectuar el disparo, se eliminaría la presión previamente.
- Se comunicará cualquier anomalía detectada y se reflejará en el parte de trabajo.

Dumpers

- En las maniobras de aproximación a vaciados o bordes de excavación se dispondrá de un auxiliar al conductor, independientemente de la colocación de topes que impidan la caída de la máquina.
- La máquina llevara el cartel de: prohibido permanecer en el radio de acción.
- Se comprobará el estado de los frenos.
- Se comprobarán periódicamente todos los mandos y luces.
- Perfecta visibilidad del conductor.
- Uso del casco.



- Disposición de extintor en cabina.
- El conductor estará dotado de cinturón anti vibratorio.

Normas de circulación

- Como norma general, cuando se conduce un vehículo se debe circular por la derecha aun cuando el centro de la calzada se encuentre libre.
- La velocidad debe adaptarse en todo momento a las características de la calzada, de la visibilidad y de cualquier otra circunstancia.
- Se ajustarán los espejos retrovisores.
- Una vez estacionado el vehículo se adoptarán las medidas necesarias para que no pueda ponerse accidentalmente en movimiento.
- Es obligatorio el uso del casco.
- En camiones de gran tonelaje el conductor estará dotado de cinturón anti vibratorio.
- En las proximidades de zonas peligrosas es imprescindible que otra persona ayude al conductor a realizar las evoluciones. Esta, no se situará a menos de 6 metros, no colocándose en zona de posible evolución.
- En zonas de terraplenes o zanjas no circularán ni se estacionarán vehículos a menos de 2 metros del borde.
- Cuando se carguen materiales pesados, el conductor permanecerá fuera de la cabina del vehículo mientras dure la operación, siendo responsable de la adecuada distribución de la misma.

15.1.7 DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE BIENESTAR E HIGIENE

El número máximo de trabajadores en la obra se estima en 13 personas.

La obra dispondrá de locales para vestuario, servicio higiénico y comedor debidamente dotado.

El vestuario y aseos tendrán como mínimo dos metros cuadrados por persona y el primero dispondrá de taquillas individuales con llave, asientos e iluminación.

Los servicios higiénicos tendrán un lavabo y una ducha por cada 8 trabajadores, con agua fría y caliente, y un WC por cada 15 trabajadores, disponiendo de espejos e iluminación.

El comedor con una superficie de aproximadamente 45 m² dispondrá de mesas, asientos, pila lavavajillas, calienta comidas e iluminación. Se dispondrá de recipiente para las basuras.

Se ventilarán oportunamente los locales, manteniéndolos además en buen estado de limpieza y conservación por medio de un trabajador que podrá compatibilizar este trabajo con otros de la obra



15.1.8 ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA

15-1.8.1 *Personas y servicios responsables*

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, en el ámbito de los órganos de representación previstos en las normas vigentes. En el caso que nos ocupa y por hallarse un número de trabajadores inferior a 50, será preceptiva la existencia de un único Delegado de prevención. Se constituirá el Comité de Seguridad y salud en aquellos casos en el que el número de trabajadores supere los 50, lo cual no es el caso, no siendo por tanto necesario. [2.I]

15-1.8.2 *Libro de incidencias*

En el centro de trabajo existirá un libro de incidencias con el fin del control y seguimiento del plan de seguridad, el cual constará con hojas por duplicado. Será facilitado por el colegio profesional del Técnico que haya aprobado el Proyecto de Seguridad y Salud o por la oficina de supervisión de la Administración que haya supervisado el Proyecto.

15-1.8.3 *Botiquín y Urgencias*

Se realizarán los reconocimientos médicos reglamentarios, así como psicotécnicos para los que manejen maquinaria móvil.

Se analizará el agua destinada al consumo de los trabajadores.

Se realizarán las mediciones de gases, ruidos, polvos, etc., necesarios.

La obra dispondrá de botiquín para primeros auxilios en la zona de instalaciones y repartidos por los diversos tajos. Se expondrá la dirección y el teléfono del centro o centros asignados para urgencias, ambulancias, médicos, etc., para garantizar un rápido transporte y atención a los posibles accidentados.

15-1.8.4 *Formación del Personal*

Todo el personal debe recibir al ingresar en la obra, una formación sobre los métodos de trabajo y sus riesgos, así como las medidas de seguridad que deberá emplear. Eligiendo el personal más cualificado, se impartirán cursillos de socorrismo y primeros auxilios, de forma que todos los tajos dispongan de algún socorrista.

15.1.9 VALORACIÓN DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Solo serán objeto de valoración las unidades de protección colectiva y protecciones especiales, así como las instalaciones de higiene y bienestar, medicina preventiva y formación, todas ellas indicadas en el Estudio de Seguridad y Salud de este Proyecto y las aprobadas en el Plan de Seguridad y Salud que sea aprobado para la obra. El resto de



elementos y medios de Seguridad y Salud se consideran costos indirectos de la obra, estando incluida su valoración en la parte proporcional de cada precio unitario, no siendo por tanto objeto de abono independiente. [2.i]

15.2. PLIEGO DE CONDICIONES

15.2.1 DISPOSICIONES GENERALES

Se recogen a continuación las Normas y Reglamentos que en materia de Seguridad y Salud son de aplicación a la ejecución de las obras del presente Proyecto. Dada la gran profusión de normativa en la materia, así como la repercusión de las Directivas de la C.E.E., la relación que se incluye debe considerarse como no excluyente de cualquiera que sea de aplicación, tanto en el momento actual, como la que se encuentre en vigor durante la realización de las obras.

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en:

- 1) Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E 10-11-1995)
- 2) Real Decreto 1.627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción (B.O.E. 25-10-97)
- 3) Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (B.O.E. 31-01-97)
- 4) Real Decreto 555/1986, de 21 de febrero, por el que se establece la obligatoriedad de inclusión de un estudio de seguridad e higiene en los proyectos de edificación y obras públicas (B.O.E. 21-3-86)
- 5) Real Decreto 84/1990, de 19 de enero, por el que se modifican determinados artículos del R.D. 555/1986, de 21 de febrero (B.O.E. 25-1-1990)
- 6) Orden Ministerial de 20 de setiembre de 1986, por la que se establece el Libro de Incidencias correspondiente a las obras en las que sea obligatorio un estudio de seguridad e higiene en el trabajo.
- 7) Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1980 de 10 de Marzo) (B.O.E. 14-3-80)
- 8) Ordenanza General de la Seguridad e Higiene en el Trabajo (om 9-3-71) (BOE 16-3-71)
- 9) Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (OOM 9-3-71) (BOE 11-3- 71)
- 10) Comités de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Decreto 432/71 de 11-3- 71).
- 11) Reglamento de Seguridad e Higiene en la Industria de la Construcción (OM20- 5-52) (BOE 15-6-52)



- 12) Reglamento de los Servicios Médicos de Empresa (OM 22-11-59) (BOE 27-11-59)
- 13) Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (OM 28-8-70) (BOE 5/7/8/9-9-70)
- 14) Homologación de medios de protección personal de los trabajadores (OM17-5-74) (BOE 29-5-74)
- 15) Convenio Colectivo Provincial de la Construcción
- 16) Instrucciones para obras en calles (OM 14-3-60)
- 17) Demás disposiciones oficiales relativas a la Seguridad e Higiene y Medicina en el Trabajo que puedan afectar a los trabajos que se realicen en la obra.
- 18) Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (Decreto 3275/1982)
- 19) Reglamento Eléctrico de Baja Tensión (OM 20-9-73) (BOE 9-10-73)
- 20) Reglamento de aparatos elevadores para obras (OM 23-5-77)(BOE 17-6-77)
- 21) Real Decreto 1403/1986 de 9 de Mayo "Normas sobre señalización de seguridad en centros y locales de trabajo" (BOE 8-7-1986)
- 22) Real Decreto 1495/1986 de 26 de Mayo "Reglamento de seguridad de las máquinas" (BOE 21-7-1986)
- 23) Reglamento de explosivos (RD 2114/1978, de 2 de Marzo)(BOE 7-9-98)
- 24) Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera Real Decreto 863/85 de 2 de Abril, y Ordenes posteriores aprobando las Instrucciones Técnicas Complementarias (BOE 12-6-85)
- 25) Orden ministerial de 31 de Agosto de 1987 sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas fuera de poblado (8.3-IC)
- 26) Real Decreto 208/1989 de 3 de Febrero que modifica parcialmente la OM de 31 de Agosto de 1987
- 27) Normas UNE del Instituto Español de Normalización

15.2.2 OBJETIVOS

El presente pliego de condiciones técnicas y particulares de seguridad y salud es un documento contractual de esta obra que tiene por objeto:

Exponer las obligaciones en materia de seguridad y salud en el trabajo de la empresa adjudicataria de la obra

Concretar la calidad de la prevención decidida y su montaje correcto en la obra.



Exponer las normas preventivas de obligado cumplimiento en los casos determinados por el Estudio de Seguridad e Higiene

Fijar unos determinados niveles de calidad de toda la prevención que se prevé utilizar, con el fin de garantizar su éxito.

Definir las formas de efectuar el control de la puesta en obra de la prevención decidida y su administración.

Proponer un determinado programa formativo en materia de Seguridad y Salud, que sirva para implantar con éxito la prevención diseñada.

Todo ello con el objetivo global de conseguir la realización de la obra, sin accidentes ni enfermedades profesionales, al cumplir los objetivos fijados en la memoria de Seguridad y Salud, que no se reproducen por economía documental, pero que deben entenderse como transcritos a norma fundamental de este documento contractual.

La empresa adjudicataria, con la ayuda de su propia estructura y colaboradores en la obra, conocedora de sus obligaciones y derechos, cumplirá y hará cumplir, la legislación vigente en materia de Seguridad y Salud. A continuación, se enumera una lista no exhaustiva con las principales obligaciones:

Cumplir y hacer cumplir en la obra, todas las obligaciones exigidas por la legislación vigente del Estado Español y sus Comunidades Autónomas, referida a la seguridad y salud en el trabajo y concordantes, de aplicación a la obra.

Entregar el plan de seguridad y salud aprobado a las personas que define el Real Decreto 1.627/1.997 de 24 de octubre. Transmitir la prevención contenida en el plan de seguridad y salud aprobado, a todos los trabajadores propios, subcontratistas y autónomos de la obra, y hacerles cumplir con las condiciones y prevención en él expresadas.

Entregar a todos los trabajadores de la obra independientemente de su afiliación empresarial principal, subcontratada o autónoma, los equipos de protección individual definidos en el plan de seguridad y salud aprobado, para que puedan usarse de forma inmediata y eficaz. Montar a tiempo toda la protección colectiva definida en el plan de seguridad y salud aprobado, según lo contenido en el plan de ejecución de obra; mantenerla en buen estado, cambiarla de posición y retirarla, con el conocimiento de que se ha diseñado para proteger a todos los trabajadores de la obra, independientemente de su afiliación empresarial principal, subcontratistas o autónomos.

Montar a tiempo según lo contenido en el plan de ejecución de obra, contenido en el plan de seguridad y salud aprobado: las instalaciones provisionales para los trabajadores. Mantenerlas en buen estado de confort y



limpieza; realizar los cambios de posición necesarios, las reposiciones del material fungible y la retirada definitiva, conocedor de que se definen y calculan estas instalaciones, para ser utilizadas por todos los trabajadores de la obra, independientemente de su afiliación empresarial principal, subcontratistas o autónomos.

Creación y apertura del archivo documental con los registros que genere la aplicación de este Plan de Seguridad y Salud. Informar de inmediato de los accidentes: leves, graves, mortales o sin víctimas al Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, tal como queda definido en el apartado "acciones a seguir en caso de accidente laboral". Disponer en acopio de obra, antes de ser necesaria su utilización, todos los artículos de prevención contenidos y definidos en este plan de seguridad y salud, en las condiciones que expresamente se especifican dentro de este pliego de condiciones técnicas y particulares de S+S. Colaborar con el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, en la solución técnico-preventiva, de los posibles imprevistos del proyecto o motivados por los cambios de ejecución decididos sobre la marcha, durante la ejecución de la obra.

Notificación a la autoridad laboral de la apertura de centro de trabajo.

Organizar los reconocimientos médicos

Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas tengan acceso a la obra. [2.d]

15.2.3 CONDICIONES A CUMPLIR POR TODOS LOS MEDIOS DE PROTECCION COLECTIVA

Condiciones Generales:

En la Memoria de este estudio de seguridad y salud, se han definido los medios de protección colectiva que se van a utilizar para la prevención de los riesgos detectados, que cumplirán con las siguientes condiciones generales:

La protección colectiva de esta obra ha sido diseñada para que sea puesta en práctica.

Las propuestas alternativas que se presenten en el plan de seguridad y salud tendrán una representación técnica de calidad, en forma de planos de ejecución de obra.

Las protecciones colectivas de esta obra estarán en acopio disponible para uso inmediato, dos días antes de la fecha decidida para su montaje.

Antes de ser necesario su uso, estarán en acopio real en la obra con las condiciones idóneas de almacenamiento para su buena conservación. Estarán a disposición del



Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, para comprobar si su calidad se corresponde con la definida en este plan de seguridad y salud.

Serán instaladas previamente antes de iniciar cualquier trabajo que requiera su montaje. QUEDA PROHIBIDO EL COMIENZO DE UN TRABAJO O ACTIVIDAD QUE REQUIERA PROTECCIÓN COLECTIVA, HASTA QUE ESTA ESTÉ MONTADA POR COMPLETO EN EL ÁMBITO DEL RIESGO QUE NEUTRALIZA O ELIMINADA.

Las protecciones colectivas proyectadas en este trabajo están destinadas a la protección de los riesgos de todos los trabajadores y visitantes de la obra; es decir: trabajadores de la empresa principal, los de las empresas subcontratistas, empresas colaboradoras, trabajadores autónomos y visitas de los técnicos de dirección de obra o de la Propiedad; visitas de las inspecciones de organismos oficiales, o de invitados por diversas causas.

El montaje y uso correcto de la protección colectiva, es preferibles al uso de equipos de protección individual para defenderse de idéntico riesgo; en consecuencia, la Jefatura de Obra no admitirá el cambio de uso de protección colectiva prevista, por el de equipos de protección individual.

15.2.4 CONDICIONES A CUMPLIR POR LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Condiciones Generales:

Como norma general, se han elegido equipos de protección individual cómodos y operativos, con el fin de evitar las negativas a su uso. Por lo expuesto, se especifica como condición expresa que: todos los equipos de protección individual utilizables en esta obra cumplirán las siguientes condiciones generales:

Tendrán la marca "CE", según el RD 159/95 y disposiciones mínimas de seguridad y salud de equipos de protección individual RD 773/97 del 30 de mayo.

Los equipos de protección individual que cumplan con la indicación expresada en el punto anterior tienen autorizado su uso durante su periodo de vigencia. Llegando a la fecha de caducidad, se constituirá un acopio ordenado, que será revisado por el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, para que autorice su eliminación de la obra.

Los equipos de protección individual en uso que estén rotos serán reemplazados de inmediato, quedando constancia en la oficina de obra del motivo del cambio y el nombre de la empresa y de la persona que recibe el nuevo equipo de protección individual, con el fin de dar la máxima seriedad posible a la utilización de estas protecciones. [2.m]

Condiciones específicas de los equipos:

A continuación, se especifican los equipos de protección individual que se van a usar, junto con las normas que hay que aplicar para su utilización:

- *Botas aislantes de la electricidad*

Unidad de par de botas fabricadas en material aislante de la electricidad. Comercializadas en varias tallas. Dotadas de suela contra los deslizamientos, para protección de trabajos en baja tensión. Con marca CE.

- *Botas de PVC., impermeables*

Botas de seguridad, de PVC, o goma, de media caña mínimo. La suela deberá ser dentada contra deslizamientos, para evitar caídas y deberá tener el marcado CE.

- *Botas de seguridad de "PVC" de media caña, con plantilla contra los objetos punzantes y puntera reforzada*

Unidad de botas de seguridad. Comercializadas en varias tallas. Fabricadas en cloruro de polivinilo o goma; de media caña, con talón y empeines reforzados. Forrada en loneta resistente. Dotada de puntera y plantilla metálicas embutidas en el "PVC", y con plantilla contra el sudor. Con suela dentada contra los deslizamientos. Con marca CE.

- *Botas impermeable pantalón de goma o "PVC"*

Para trabajos en el barro o zonas inundadas, hormigones, o suelos con alto riesgo de deslizamiento. Hechas en PVC o goma. Dotadas con suelas dentadas contra los deslizamientos. Con marca CE.

- *Cascos auriculares protectores auditivos.*

Unidad de cascos auriculares protectores auditivos amortiguadores de ruido para ambas orejas. Fabricados con casquetes auriculares ajustables con almohadillas recambiables para uso optativo con o sin el casco de seguridad. Con marca CE.

- *Casco de seguridad clase "N"*

Unidad de casco de seguridad, clase "N", con arnés de adaptación de apoyo sobre el cráneo con cintas textiles de amortiguación y contra el sudor de la frente frontal. Con marca CE.



- *Faja de protección contra las vibraciones*

Unidad de faja elástica contra las vibraciones de protección de cintura y vértebras lumbares. Fabricada en diversas tallas, para protección contra movimientos vibratorios u oscilatorios. Confeccionada con material elástico sintético y ligero; ajustable mediante cierres "velcro". Con marca CE

- *Guantes aislantes de la electricidad en B.T., hasta 1000 voltios*

Unidad de guantes aislantes de la electricidad clase II, para utilización directa sobre instalaciones a 1.000 voltios, como máximo. Con marca CE.

- *Filtro mecánico para mascarilla contra el polvo*

Unidad de filtro para recambio del de las mascarillas antipolvo, tipo "A", con una retención de partículas superior al 98 %. Con marca CE.

- *Gafas de seguridad contra el polvo y los impactos*

Unidad de gafas de seguridad anti-impactos en los ojos. Fabricadas con montura de vinilo, pantalla exterior de policarbonato, pantalla interior contra choques y cámara de aire entre las dos pantallas. Modelo panorámico, ajustable a la cabeza mediante bandas elásticas textiles contra las alergias. Con marca CE.

- *Guantes de cuero*

Unidad de par de guantes totalmente fabricados en cuero flor, dedos, palma y dorso. Ajustables a la muñeca de las manos mediante tiras textil elásticas ocultas. Comercializados en varias tallas. Con marca CE.

- *Guantes de goma o de "PVC"*

Unidad de par de guantes de goma o de "PVC". Fabricados en una sola pieza, impermeables y resistentes a: cementos, pinturas, jabones, detergentes, amoníaco, etc. comercializados en varias tallas. Con marca CE.

- *Mascarilla contra partículas con filtro mecánico recambiable*

Unidad de mascarilla de cubrición total de vías respiratorias, nariz y boca, fabricada con PVC., con portafiltros mecánicos y primer filtro para su uso inmediato; adaptable a la cara mediante bandas elásticas textiles, con regulación de presión. Dotada de válvulas de expulsión de expiración de cierre simple por sobre presión al respirar. Con marca CE.



- *Trajes de trabajo, (monos o buzos de algodón)*

Unidad de mono o buzo de trabajo, fabricado en diversos cortes y confección en una sola pieza, con cierre de doble cremallera frontal, con un tramo corto en la zona de la pelvis hasta cintura. Dotado de seis bolsillos; dos a la altura del pecho, dos delanteros y dos traseros, en zona posterior de pantalón; cada uno de ellos cerrados por una cremallera. Estará dotado de una banda elástica lumbar de ajuste en la parte dorsal al nivel de la cintura. Fabricados en algodón 100 X 100, en los colores blanco, amarillo o naranja. Con marca CE.

- *Traje impermeable de PVC., a base de chaquetilla y pantalón*

Unidad de traje impermeable para trabajar. Fabricado en los colores: Blanco, amarillo, naranja, en PVC,. Termosoldado, formado por chaqueta y pantalón. Con marca CE.

Normas a Cumplir por la Señalización

Señalización de obra

Normativa

La normativa vigente es el R.D. 485/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas de señalización de seguridad y salud en el trabajo. No es objeto de este apartado la señalización que regula el tráfico por carretera, ferroviario, fluvial, marítimo, y aéreo, que se regulan por su propia normativa.

Descripción técnica

CALIDAD: Serán nuevas, a estrenar, o en su defecto estarán en perfecto estado

Señal de riesgos en el trabajo normalizada según el Real Decreto 485 de 14 de abril de 1.997.

Normas para el montaje de las señales

Hay que hacer un cambio de ubicación de cada señal mensualmente como mínimo para garantizar su máxima eficacia. Se pretende que por integración en el "paisaje habitual de la obra" no sean ignorada por los trabajadores.

Las señales permanecerán cubiertas por elementos opacos cuando el



riesgo, recomendación o información que anuncian sea innecesaria y no convenga por cualquier causa su retirada.

Se mantendrá permanentemente un tajo de limpieza y mantenimiento de señales, que garantice su eficacia.

Señalización Vial

Normativa:

Esta señalización cumplirá con el nuevo "Código de la Circulación" y con el contenido de la "Norma de carreteras 8.3-IC, señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas fuera de poblado" promulgada por el "MOPU.

En las "literaturas" de las mediciones y presupuesto, se especifican: el tipo, modelo, tamaño y material de cada una de las señales previstas para ser utilizadas en la obra. Estos textos deben tenerse por transcritos a este pliego de condiciones técnicas y particulares como características de obligado cumplimiento.

Descripción Técnica:

CALIDAD: Serán nuevas, a estrenar, o en su defecto estarán en perfecto estado.

Señal de tráfico normalizada según la norma de carreteras "8.3-IC - Señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas en vías fuera de poblado.

15-2.5 LEGISLACIÓN APLICABLE A LA OBRA

15-2.5.1 Normas generales de prevención de riesgos laborales en la

Construcción

Orden de 9 de marzo de 1971, que aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de riesgos laborales.

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de prevención.

Orden de 22 de abril de 1997, por la que se regula el régimen de funcionamiento de las Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social en el desarrollo de actividades de prevención de riesgos laboral.



Real Decreto 1495/1986, de 26 de mayo, que aprueba el Reglamento de Seguridad en las Maquinas.

Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos en particular dorsolumbares, para los trabajadores.

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

15-2.5.2 Normas Preventivas de Construcción

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Orden de 28 de agosto de 1970, por la que se aprueba la Ordenanza de trabajo de la construcción, vidrio y cerámica.

Real Decreto 3151/1968, de 28 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de líneas aéreas de alta tensión.

Real Decreto 462/1971, de 11 de marzo, por el que se dictan normas sobre la redacción de proyectos y la dirección de obras de edificación.

Real Decreto 3565/1972, de 23 de diciembre, por el que se establecen las normas tecnológicas de la edificación (NTE).

Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, sobre normativa de edificación.

Orden de 28 de junio de 1988. por la que se aprueba la instrucción Complementaria MIE-AEM2 del Reglamento de aparatos de elevación y Manutención referente a grúas-torre desmontables para obra.

Resolución de 30 de abril de 1998, de la Dirección General de Trabajo por la que se dispone la inscripción en el registro y publicación del Convenio Colectivo General del Sector de la Construcción.



15-2.5.3 Condiciones de Seguridad de los Equipos de Trabajo

En todo momento se estará a lo dispuesto por el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

NOTA: **Se entiende por equipo de trabajo**, cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

La empresa adjudicataria hará cumplir a todos los intervinientes en la obra, las siguientes condiciones generales:

Se prohíbe el montaje de los medios auxiliares, máquinas y equipos, de forma parcial; es decir, omitiendo el uso de alguno o varios de los componentes con los que se comercializan para su función.

El uso, montaje y conservación de los medios auxiliares, máquinas y equipos, se hará siguiendo estrictamente las condiciones de montaje y utilización segura, contenidas en el manual de uso editado por su fabricante.

Todos los medios auxiliares, máquinas y equipos a utilizar en esta obra, tendrán incorporados sus propios dispositivos de seguridad exigibles por aplicación de la legislación vigente. Se prohíbe expresamente, la introducción en el recinto de la obra, de medios auxiliares, máquinas y equipos que no cumplan la condición anterior.

Si el mercado de los medios auxiliares, máquinas y equipos, ofrece productos con la marca CE., Se entenderá que, dentro de las posibilidades, se utilizaran estos equipos.

Todos los medios auxiliares, máquinas y equipos a utilizar en esta obra, tendrán incorporados sus propios dispositivos de seguridad exigibles por aplicación de la legislación vigente. Se prohíbe expresamente, la introducción en el recinto de la obra, de medios auxiliares, máquinas y equipos que no cumplan la condición anterior.

Si el mercado de los medios auxiliares, máquinas y equipos, ofrece productos con la marca CE., Se entenderá que, dentro de las posibilidades, se utilizaran estos equipos.

15-2.5.4 Condiciones de Seguridad de Máquinas

Los vehículos subcontratados tendrán vigente la Póliza de Seguros con Responsabilidad Civil ilimitada el Carnet de Empresa y los Seguros Sociales cubiertos, antes de comenzar los trabajos en la obra.

La máquina, será portadora de la documentación para su mantenimiento y conservación, del fabricante, importador o suministrador.

La revisión será la que marque el fabricante, importador suministrador en los documentos antes mencionados, y, deberá de encontrarse siempre actualizado.

*Marcado.*

Toda la maquinaria de obra llevara de forma legible las siguientes indicaciones:

1. Nombre y dirección del fabricante
2. Marcado "CE"
3. Designación serie y modelo
4. Cada máquina con su manual de instrucciones indicando:
 - 4.1 Condiciones de utilización
 - 4.2 Puestos que pueden ocupar los trabajadores
5. Instrucciones para realizar sin riesgo:
 - 5.1 Puesta en servicio
 - 5.2 Utilización
 - 5.3 Instalación
 - 5.4 Montaje y desmontaje
 - 5.5 Reglaje
 - 5.6 Mantenimiento y conservación

*15.2.5.1 Normas de Autorización del uso de maquinaria y de las Máquinas
Herramienta.*

Está demostrado por la experiencia, que muchos de los accidentes de las obras ocurren entre otras causas, por el voluntarismo mal entendido, la falta de experiencia o de formación ocupacional y la impericia. Para evitar en lo posible estas situaciones, se implantará en esta obra la obligación real de estar autorizado a utilizar una máquina, o una determinada máquina herramienta.

Para ello, el jefe de obra o bien el encargado de seguridad, cumplimentara una ficha en la que autorizara expresamente la persona o personas que pueden utilizar un determinado equipo.

Estos documentos, se firmarán por triplicado. El original quedará archivado en la oficina de la obra. La copia, se entregará firmada y sellada en original, a la Dirección Facultativa, la tercera copia, se entregará firmada y sellada en original al interesado.

15-2.5.2 El Libro de Incidencias

Documento de denuncia automática ante la Inspección Provincial de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en la que se realiza la obra, de las anotaciones con la finalidad de un seguimiento y un control, realizadas durante la ejecución de la seguridad en la obra.



El libro de incidencias siempre deberá estar en la obra, en poder del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, en el poder de la dirección facultativa. Al libro tendrán acceso la dirección facultativa de la obra, los contratistas y subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las Administraciones públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo, relacionadas con el control y seguimiento del plan de seguridad.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no sea necesaria la designación de coordinador, la dirección facultativa, estarán obligados, a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra.

Igualmente deberán notificar las anotaciones en el libro al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.

Formación e información a los trabajadores

Ley 31/95 de Prevención de riesgos laborales.

Artículo 18. Información, consulta y participación de los trabajadores:

1. Para cumplir al deber de protección establecido en la Ley 31/95, el empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo, tanto aquellos que afecten a la empresa en su conjunto como a cada tipo de puesto de trabajo o función.

Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos señalados en el apartado anterior.

Las medidas adoptadas de conformidad con lo dispuesto en el artículo 20 de la presente Ley.

En las empresas que cuenten con representantes de los trabajadores, la información a que se refiere el presente apartado a los trabajadores a través de dichos representantes; no obstante, deberá informarse directamente a cada trabajador de los riesgos específicos que afecten a su puesto de trabajo o función y de las medidas de protección y prevención aplicables a dichos riesgos.

2. El empresario deberá consultar a los trabajadores, y permitir su participación, en el marco de todas las cuestiones que afecten a la seguridad y a la salud en el trabajo, de conformidad con lo dispuesto en el capítulo V de la presente Ley. Los



trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos de participación y representación previstos en el capítulo V de esta Ley, dirigidas a la mejora de los niveles de protección de la seguridad y la salud en la empresa.

Artículo 19. Formación de los trabajadores.

1. En cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, tanto en el momento de su contratación, cualquiera que sea la modalidad o duración de ésta, como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo. La formación deberá estar centrada específicamente en el puesto de trabajo o función de cada trabajador, adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos y repetirse periódicamente, si fuera necesario.
2. La formación a que se refiere el apartado anterior deberá impartirse, siempre que sea posible, dentro de la jornada de trabajo o, en su defecto, en otras horas, pero con el descuento en aquella del tiempo invertido en la misma. La formación se podrá impartir por la empresa mediante medios propios o concertándola con servicios ajenos, y su coste no recaerá en ningún caso sobre los trabajadores.

15.2.6 ACCIONES A SEGUIR EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL

15.2.6.1 Acciones a seguir.

El accidentado es lo primero. Se le atenderá de inmediato con el fin de evitar el agravamiento o progresión de las lesiones. En caso de caída desde altura o a distinto nivel, y en el caso de accidente eléctrico, se supondrá siempre, que pueden existir lesiones graves, en consecuencia, se extremarán las precauciones de atención primaria en la obra, aplicando las técnicas especiales para la inmovilización del accidentado hasta la llegada de la ambulancia, y de reanimación en el caso de accidente eléctrico.

En caso de una gravedad manifiesta, se evacuará al herido en camilla y ambulancia; se evitarán en lo posible según el buen criterio de las personas que atiendan primariamente al accidentado, la utilización de los transportes particulares, por lo que implican de riesgo e incomodidad para el accidentado.

Con el fin de que sea conocido por todas las personas participantes en la obra, se instalarán una serie de rótulos con caracteres visibles a 2 m., de distancia, en los que se suministra la información necesaria para conocer el



centro asistencial, su dirección, teléfonos de contacto etc.; este rótulo contiene los datos del cuadro siguiente.

El rótulo se colocará de forma obligatoria en los siguientes lugares de la obra:

1. Acceso a la obra en sí.
2. En la oficina de obra.
3. En el vestuario aseo del personal
4. En el comedor
5. En tamaño hoja Din A4, en el interior de cada maletín botiquín de primeros auxilios.

ASISTENCIA DE ACCIDENTADOS	
Nombre de centro:	HOSPITAL TRES MARES REINOSA
Casos leves (cortes, golpes, mal estar):	HOSPITAL TRES MARES REINOSA
Casos graves:	HOSPITAL MARQUÉS DE VALDECILLA
Dirección 1: Av. Cantabria, s/n, 39200 Reinosa, Cantabria	
Dirección 2: Av. De Valdecilla 25, 39008 Santander, Cantabria	
Teléfono 1: 942 77 21 00	
Teléfono 2: 942 20 25 20	

Esta obligatoriedad se considera una condición fundamental para lograr la eficacia de la asistencia sanitaria en caso de accidente laboral. Comunicaciones inmediatas en caso de accidente laboral.

El Jefe de Obra o el Encargado de S+S, quedan obligados a realizar las acciones y comunicaciones que se recogen en el cuadro explicativo informativo siguiente, que se consideran acciones clave para un mejor análisis de la prevención decidida y su eficacia.

15.2.6.2 Accidentes graves y muy graves

A la Dirección Facultativa de Seguridad e Higiene: de todos y de cada uno de ellos, con el fin de investigar sus causas, y adoptar las correcciones oportunas.

15.2.6.3 Accidentes mortales

Al Juzgado de Guardia.

A la Dirección Facultativa de Seguridad e Higiene: De Forma Inmediata, con el fin de investigar sus causas y adoptar las acciones oportunas.



A la Autoridad Laboral: en las formas que establece la legislación vigente en materia de accidentes laborales.

15.2.6.4 *Accidentes laborales*

Actuaciones administrativas en caso de accidente.

El jefe de Obra, en caso de accidente laboral, realizara las siguientes actuaciones administrativas:

Sin baja: se recogerá en la hoja oficial de accidentes de trabajo sin baja médica y se presentará en la gestoría los 5 primeros días del mes siguiente.

Con baja: se hará un parte de accidente de trabajo, que se presentará en la gestoría los 5 primeros días del mes siguiente.

Muy graves: se consideran los muy graves accidentes que afecten a cuatro o más trabajadores o uno mortal. Se le comunicara a la Autoridad Laboral, en un plazo máximo de 24 horas desde el accidente.

15.2.7 MEDICIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LAS PARTIDAS PRESUPUESTARIAS DE SS.

Las mediciones de los componentes se llevarán a cabo en la obra, aplicando los patrones que lo definen, es decir: m, m1, m2, m3, Ud., y h.

El control de entrega de los equipos de medición, para evaluar los equipos de protección, se llevará a cabo con el análisis de los partes de entrega definidos en el pliego de condiciones, también el control de acopios de los equipos retirados no válidos para el uso.

El proyecto esta sujeto a las normas de certificación, por lo que el presupuesto se ha realizado sujeto a estas. Deben aplicarse a todas las partidas presupuestarias de la ejecución del proyecto.



15.3PRESUPUESTO

15.3.1 ESTADO DE LAS MEDICIONES

CAPÍTULO 1: PROTECCIONES COLECTIVAS

Código	Cantidad	Unidad	Descripción
1.01	30	Ud.	Ud. Valla metalica de 2,5m de longitud.
1.02	8	Ud.	Ud. Cartel indicador de riesgo sin soporte.
1.03	8	Ud.	Ud. Cartel indicador de riesgo con soporte.
1.04	5	Ud.	Ud. Señal STOP.
1.05	20	Ud.	Ud. Baliza luminosa intermitente.
1.06	60	Ud.	Ud. Cono-baliza de 55cm.
1.07	18	Ud.	Ud. Valla extensible 5 metros.
1.08	18	Ud.	Ud. Valla móvil de 2,5 m.
1.09	3200	Ud.	M1 Cordón de balizamiento normal.
1.10	16	Ud.	Ud. Jalón de señalizacion.

CAPÍTULO 2: EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Código	Cantidad	Unidad	Descripción
2.01	4	Ud.	Ud. Extintor de polvo.

CAPÍTULO 3: PROTECCIÓN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Código	Cantidad	Unidad	Descripción
3.01	4	Ud.	Ud. Transformador de seguridad 24V.
3.02	4	Ud.	Ud. Interruptor diferencial de alta sensibilidad.
3.03	4	Ud.	Ud. Instalación de puesta a tierra.

CAPÍTULO 4: HIGIENE Y BIENESTAR

Código	Cantidad	Unidad	Descripción
4.01	2	Ud.	Ud. Calentador de agua electrico 50L.
4.02	2	Ud.	Ud. Calienta comidas para 20 personas.
4.03	15	Ud.	Ud. Taquilla metálica.
4.04	2	Ud.	Ud. Recipiente para la acogida de basuras.
4.05	4	Ud.	Ud. Banco de PVC de 5.
4.06	2	Ud.	Ud. Mesa de PVC para 10 personas.
4.07	1	Ud.	Ud. Acometida de agua y energia electrica.
4.08	50	Ud.	Ud. Limpieza y conservación de instalaciones.

**CAPÍTULO 5: MEDICINA PREVENTIVA**

Código	Cantidad	Unidad	Descripción
5.01	15	Ud.	Ud. Reconocimiento médico obligatorio.
5.02	5	Ud.	Ud. Botiquín.
5.03	5	Ud.	Ud. Reposición de material sanitario.

CAPÍTULO 6: FORMACIÓN

Código	Cantidad	Unidad	Descripción
6.01	1	Ud.	Ud. Reunión mensual de comité
6.02	1	Ud.	Ud. Formación en seguridad y salud

CAPÍTULO 7: E.P.I.

Código	Cantidad	Unidad	Descripción
7.01	30	Ud.	Ud. Protectores auditivos, homologados.
7.02	30	Ud.	Ud. Filtro reambio mascarilla, homologado.
7.03	30	Ud.	Ud. Mascarilla antipolvo, homologada.
7.04	30	Ud.	Ud. Gafas antipolvo, homologadas.
7.05	30	Ud.	Ud. Gafas contra impactos, homologadas.
7.06	30	Ud.	Ud. Pantalla protección partículas, homologada.
7.07	30	Ud.	Ud. Casco de seguridad homologado.
7.08	30	Ud.	Ud. Cintorón portaherramientas, homologado.
7.09	30	Ud.	Ud. Faja elástica sobreesfuerzos, homologada.
7.10	30	Ud.	Ud. Impermeable de trabajo, homologado.
7.11	30	Ud.	Ud. Mono de trabajo, homologado.
7.12	30	Ud.	Ud. Par de guantes (goma).
7.13	30	Ud.	Ud. Par de guantes (uso general).
7.14	30	Ud.	Ud. Par de guantes (electricista), homologados.
7.15	30	Ud.	Ud. Par de botas (agua), homologadas.
7.16	30	Ud.	Ud. Par de botas de seguridad, con puntera.
7.17	30	Ud.	Ud. Par de botas electricista, homologadas.



15.3.2 CUADRO DE PRECIOS

CAPÍTULO 1: PROTECCIONES COLECTIVAS				
Código	Cantidad	Descripción	Precio en letra	Importe
1.01	30 Ud.	Ud. Valla metalica de 2,5m de longitud. Para la contención de peatones, con montaje y desmontaje tambien normalizados.	Noventa y Dos Euros Con Veinte Céntimos	92,20 €
1.02	8 Ud.	Ud. Cartel indicador de riesgo sin soporte. Cartel sin soporte metálico	Cuarenta y Cuatro Euros Con Diez Céntimos	44,10 €
1.03	8 Ud.	Ud. Cartel indicador de riesgo con soporte. Cartel de 30x30cm con soporte galvanizado de 80x40x2mm y 1,35m de altura	Ciento Quince Euros Con Dos Céntimos	115,02 €
1.04	5 Ud.	Ud. Señal STOP. Señal de STOP octogonal de 600mm. Normalizada, soporte galvanizado de 80x40x2mm 1,35m de altura	Ciento Sesenta y Tres Euros Con Ochenta Céntimos	163,80 €
1.05	20 Ud.	Ud. Baliza luminosa intermitente. Baliza luminosa intermitente con celula fotoeléctrica.	Mil Quinientos Veinte Euros Con Noventa Céntimos	1.520,90 €
1.06	60 Ud.	Ud. Cono-baliza de 50cm. Cono de 50cm reflectante	Mil Doscientos Treinta y Un Euros Con Tres Céntimos	1.231,03 €
1.07	18 Ud.	Ud. Valla extensible 5 metros. Valla extensible de 5m y reflectante	Ochocientos Cuarenta y Siete Euros Con Treinta Céntimos	847,30 €
1.08	18 Ud.	Ud. Valla móvil de 2,5 m. Y 1,10m de altura para contener los peatones	Mil Quinientos Ochenta Euros Con Setenta Céntimos	1.580,70 €
1.09	3200 Ud.	M1 Cordón de balizamiento normal. Con soportes de colocación y desmontaje	Tres Mil Doscientos Euros Con Cero Céntimos	3.200,00 €
1.10	16 Ud.	Ud. Jalón de señalizacion.	Doscientos Cincuenta y Cinco Euros Con Quince Céntimos	255,15 €

**CAPÍTULO 2: EXTINCIÓN DE INCENDIOS**

Código	Cantidad	Descripción	Precio en letra	Importe
2.01	4 Ud.	Ud. Extintor de polvo.	Cuatrocientos Veinticuatro Euros Con Diez Céntimos	424,1 €

CAPÍTULO 3: PROTECCIÓN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Código	Cantidad	Descripción	Precio en letra	Importe
3.01	4 Ud.	Ud. Transformador de seguridad 24V.	Cuatrocientos Cinco Euros Con Treinta Céntimos	405,30 €
3.02	4 Ud.	Ud. Interruptor diferencial de alta sensibilidad.	Ochocientos Veinte Euros Con Cincuenta Céntimos	820,50 €
3.03	4 Ud.	Ud. Instalación de puesta a tierra. Cable de cobre, electrodo conectado a tierra en masas metálicas.	Novecientos Sesenta Euros Con Cuarenta Céntimos	960,40 €

CAPÍTULO 4: HIGIENE Y BIENESTAR

Código	Cantidad	Descripción	Precio en letra	Importe
4.01	2 Ud.	Ud. Calentador de agua electrico 50L.	Ciento Quince Euros Con Sesenta Céntimos	115,60 €
4.02	2 Ud.	Ud. Calienta comidas para 20 personas.	Ciento Cincuenta Euros Con Nueve Céntimos	150,09 €
4.03	15 Ud.	Ud. Taquilla metálica.	Quinientos Treinta Euros Con Cincuenta Céntimos	530,50 €
4.04	2 Ud.	Ud. Recipiente para la acogida de basuras.	Veinticinco Euros Con Setenta Céntimos	25,70 €
4.05	4 Ud.	Ud. Banco de PVC de 5.	Ochenta y Dos Euros Con Cuarenta Céntimos	82,40 €
4.06	2 Ud.	Ud. Mesa de PVC para 10 personas.	Cien Euros Con Sesenta Céntimos	100,60 €
4.07	1 Ud.	Ud. Acometida de agua y energía eléctrica.	Cuatrocientos Cincuenta Euros Con Ochenta Céntimos	450,80 €



4.08	50 Ud.	Ud. Limpieza y conservación de instalaciones. Mantenimiento y limpieza de las instalaciones del personal	Doscientos Cinco Euros Con Veinte Céntimos	205,20 €
------	--------	--	--	----------

CAPÍTULO 5: MEDICINA PREVENTIVA

Código	Cantidad	Descripción	Precio en letra	Importe
5.01	15 Ud.	Ud. Reconocimiento médico obligatorio.	Seiscientos Treinta Euros Con Cincuenta Céntimos	630,50 €
5.02	5 Ud.	Ud. Botiquín. Botiquín colocado	Trescientos Cuarenta y Cinco Euros Con Doce Céntimos	345,12 €
5.03	5 Ud.	Ud. Reposición de material sanitario. Durante el transcurso de la obra	Doscientos Euros Con Sesenta Céntimos	200,60 €

CAPÍTULO 6: FORMACIÓN

Código	Cantidad	Descripción	Precio en letra	Importe
6.01	1 Ud.	Ud. Reunion mensual de comité	Novecientos Noventa Euros Con Cero Céntimos	990,00 €
6.02	1 Ud.	Ud. Formacion en seguridad y salud	Mil Novecientos Veinte Euros Con Sesenta Céntimos	1.920,60 €

**CAPÍTULO 7: E.P.I.**

Código	Cantidad	Descripción	Precio en letra	Importe
7.01	30 Ud.	Ud. Protectores auditivos, homologados.	Ochenta y Siete Euros Con Cincuenta Céntimos	87,50 €
7.02	30 Ud.	Ud. Filtro reambio mascarilla, homologado.	Ciento Noventa Euros Con Sesenta Céntimos	190,60 €
7.03	30 Ud.	Ud. Mascarilla antipolvo, homologada.	Cuatrocientos Veinte Euros Con Ochenta Céntimos	420,80 €
7.04	30 Ud.	Ud. Gafas antipolvo, homologadas.	Cuarenta y Seis Euros Con Diez Céntimos	46,10 €
7.05	30 Ud.	Ud. Gafas contra impactos, homologadas.	Sesenta y Nueve Euros Con Noventa Céntimos	69,90 €
7.06	30 Ud.	Ud. Pantalla protección partículas, homologada.	Cinco Euros Con Cincuenta Céntimos	5,50 €
7.07	30 Ud.	Ud. Casco de seguridad homologado.	Doscientos Sesenta Euros Con Noventa Céntimos	260,90 €
7.08	30 Ud.	Ud. Cintorón portaherramientas, homologado.	Quinientos Ochenta y Cinco Euros Con Cuarenta Céntimos	585,40 €
7.09	30 Ud.	Ud. Faja elástica sobreesfuerzos, homologada.	Ciento Treinta y Ocho Euros Con Veinte Céntimos	138,20 €
7.10	30 Ud.	Ud. Impermeable de trabajo, homologado.	Doscientos Ochenta Euros Con Cincuenta Céntimos	280,50 €
7.11	30 Ud.	Ud. Mono de trabajo, homologado.	Doscientos Treinta Euros Con Sesenta y Cinco Céntimos	230,65 €
7.12	30 Ud.	Ud. Par de guantes (goma).	Cincuenta Euros Con Setenta y Cinco Céntimos	50,75 €



7.13	30 Ud.	Ud. Par de guantes (uso general).	Cincuenta y Tres Euros Con Veintiuno Céntimos	53,21 €
7.14	30 Ud.	Ud. Par de guantes (electricista), homologados.	Quinientos Treinta y Cuatro Euros Con Ochenta y Seis Céntimos	534,86 €
7.15	30 Ud.	Ud. Par de botas (agua), homologadas.	Novecientos Sesenta y Cinco Euros Con Treinta y Cinco Céntimos	965,35 €
7.16	30 Ud.	Ud. Par de botas de seguridad, con puntera.	Mil Doscientos Cincuenta Euros Con Treinta Céntimos	1.250,30 €
7.17	30 Ud.	Ud. Par de botas electricista, homologadas.	Mil Cuatrocientos Cincuenta Euros Con Veintiseis Céntimos	1.450,26 €

CAPÍTULO 8: Conjunto total

TOTAL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	Veinticuatro Mil Veintiocho Euros Con Noventa y Nueve Céntimos	24.028,99 €
---	---	--------------------

Los equipos se van a reutilizar una media una media de dieciocho veces, según experiencia de la empresa en este tipo de obras. El presupuesto del documento de Estudio de seguridad y Salud asciende a la cantidad de: **1334,94 €**



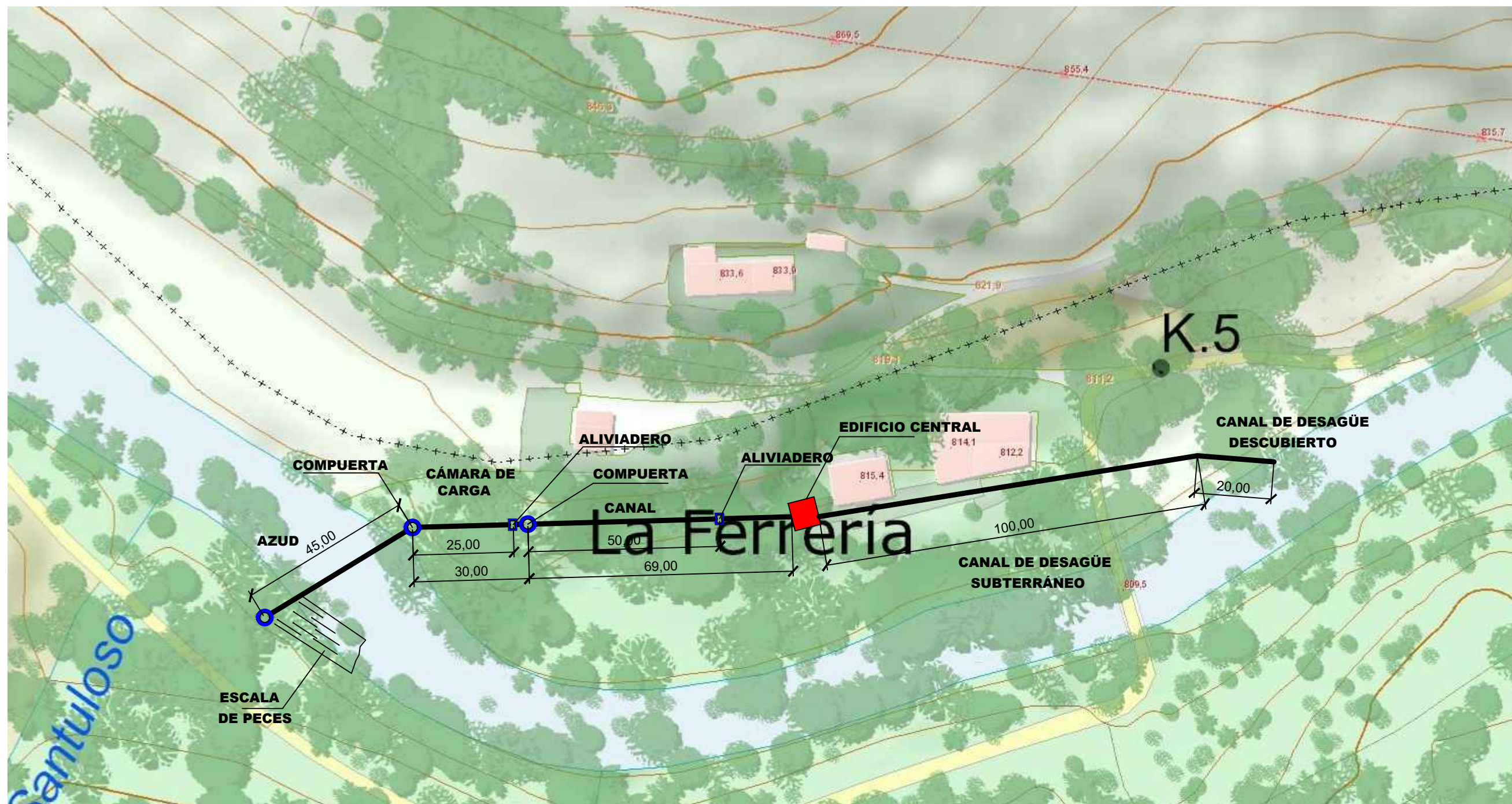
· DOCUMENTO 2: PLANOS ·



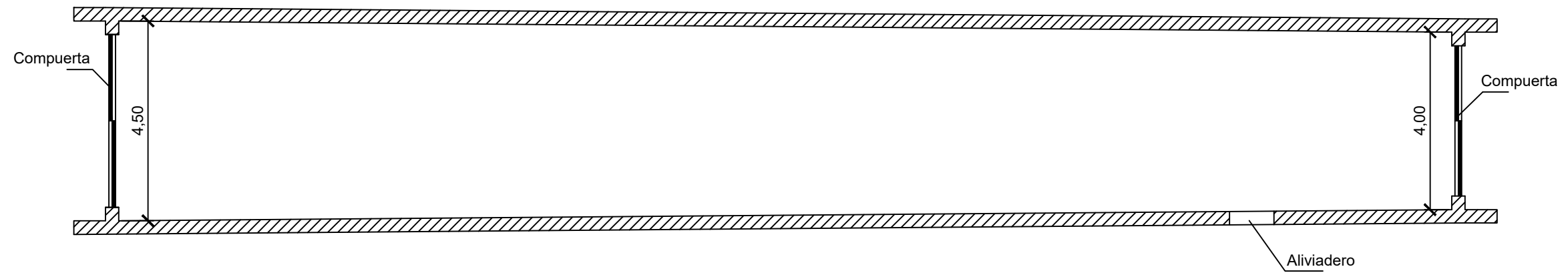
Dibujado: 30-06-2019	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones	
	Autor: Santos Zabala Izaguirre		
Escala: S/E	Localización del emplazamiento		Nº de plano: 1



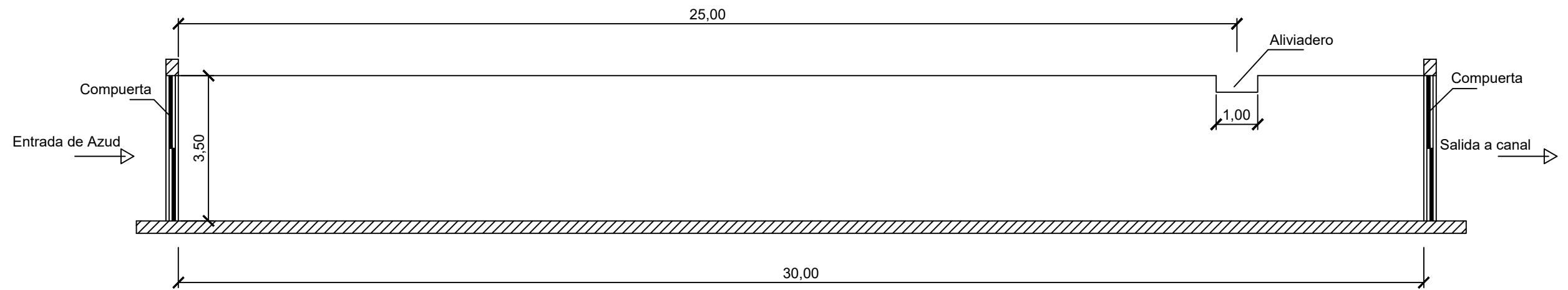
Dibujado: 3-09-2019	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones	
	Autor: Santos Zabala Izaguirre		
Escala: 1:1000	Estructura de la instalación. A		Nº de plano: 2



Dibujado: 3-09-2019	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones	
	Autor: Nombre		
Escala: 1:1000	Estrucutra de la instalción. B		Nº de plano: 3

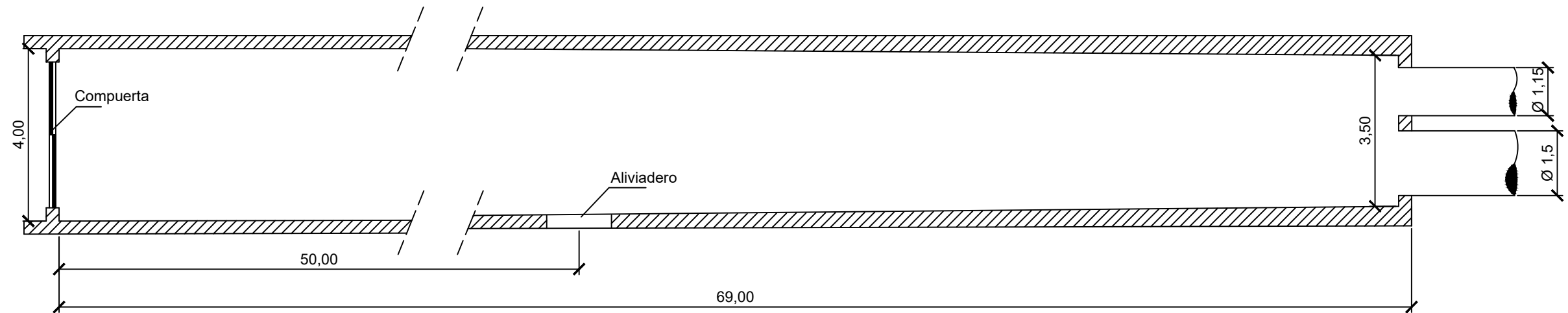


PLANTA

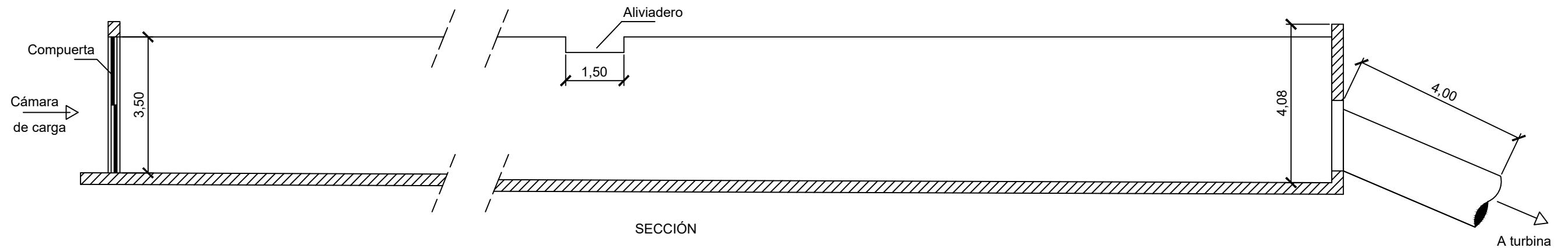


SECCIÓN

Dibujado: 3-09-2019	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones
	Autor: Santos Zabala Izaguirre	
Escala: 1:1000	Cámara de carga	Nº de plano: 4

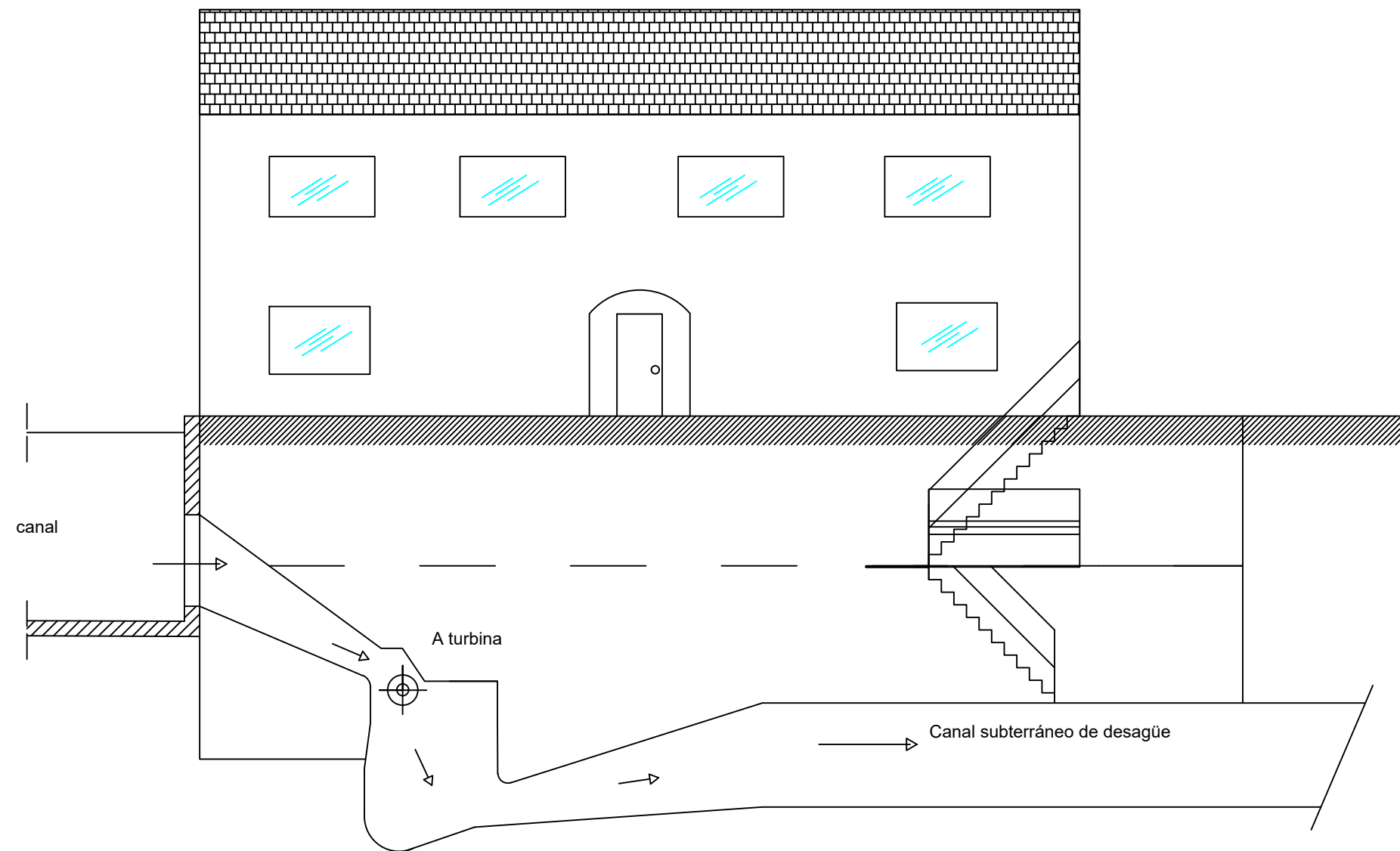


PLANTA

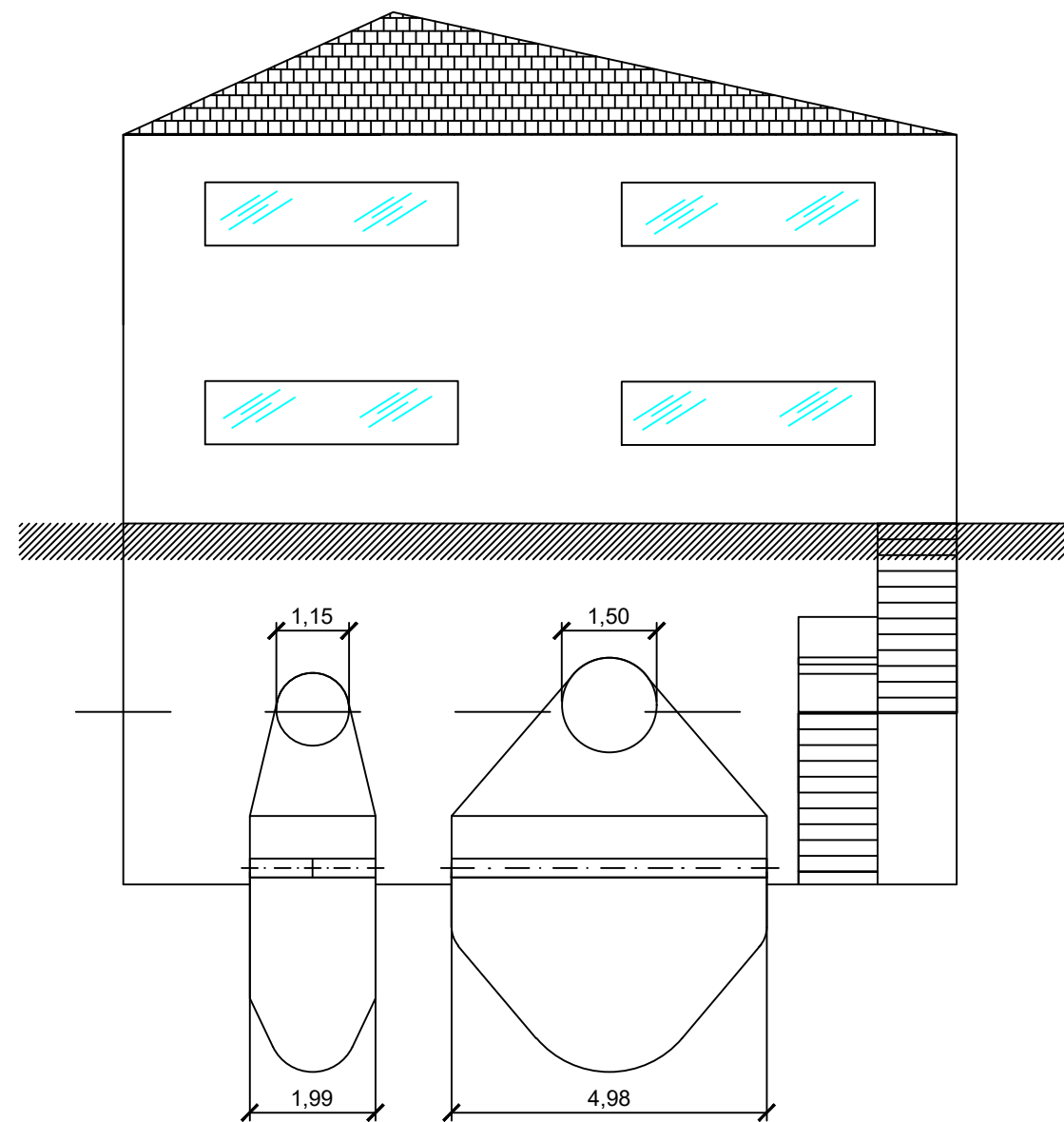


SECCIÓN

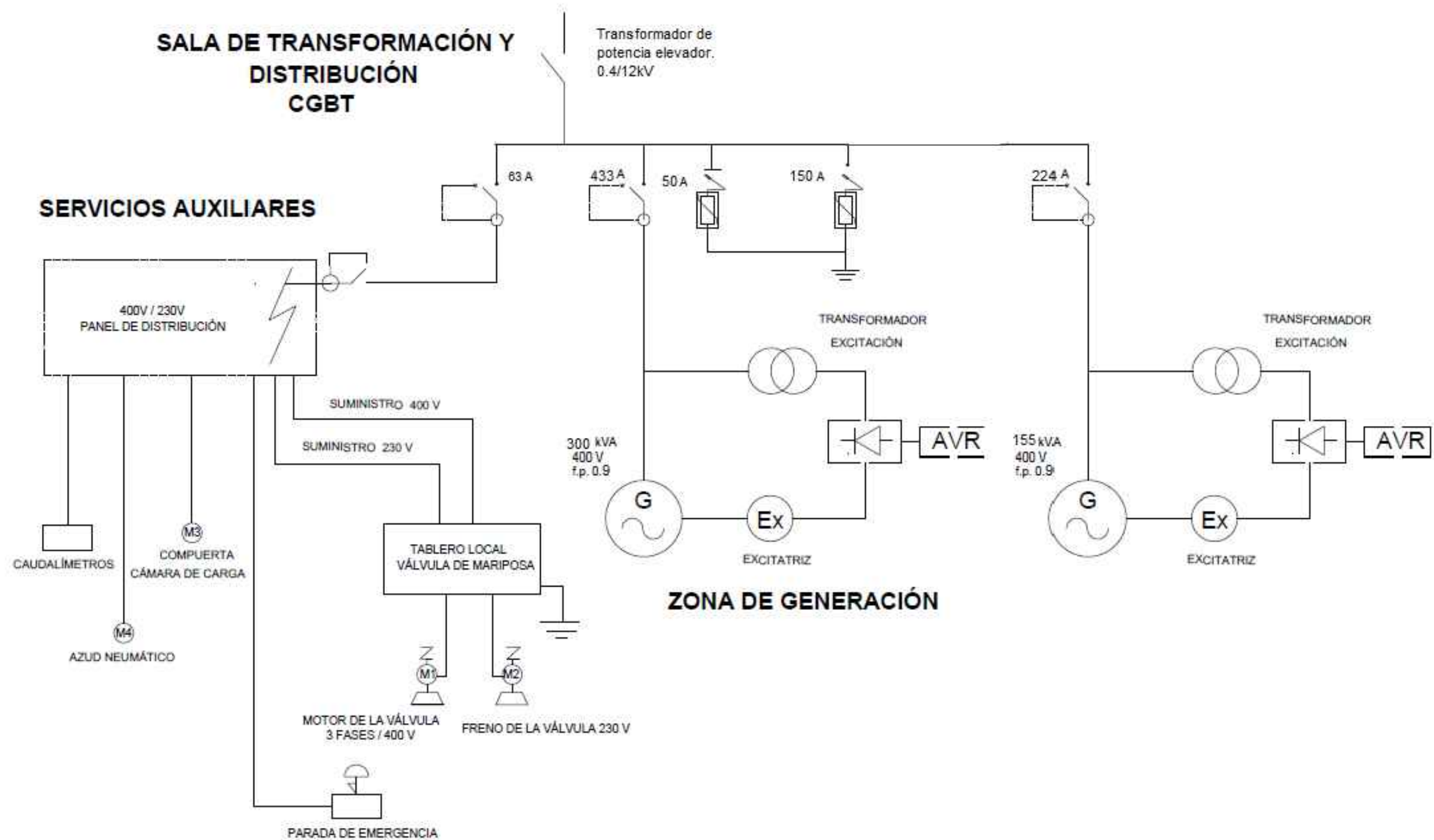
Dibujado: 3-09-2019	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones	
	Autor: Santos Zabala Izaguirre		
Escala: 1:1000	Canal de derivación		Nº de plano: 5



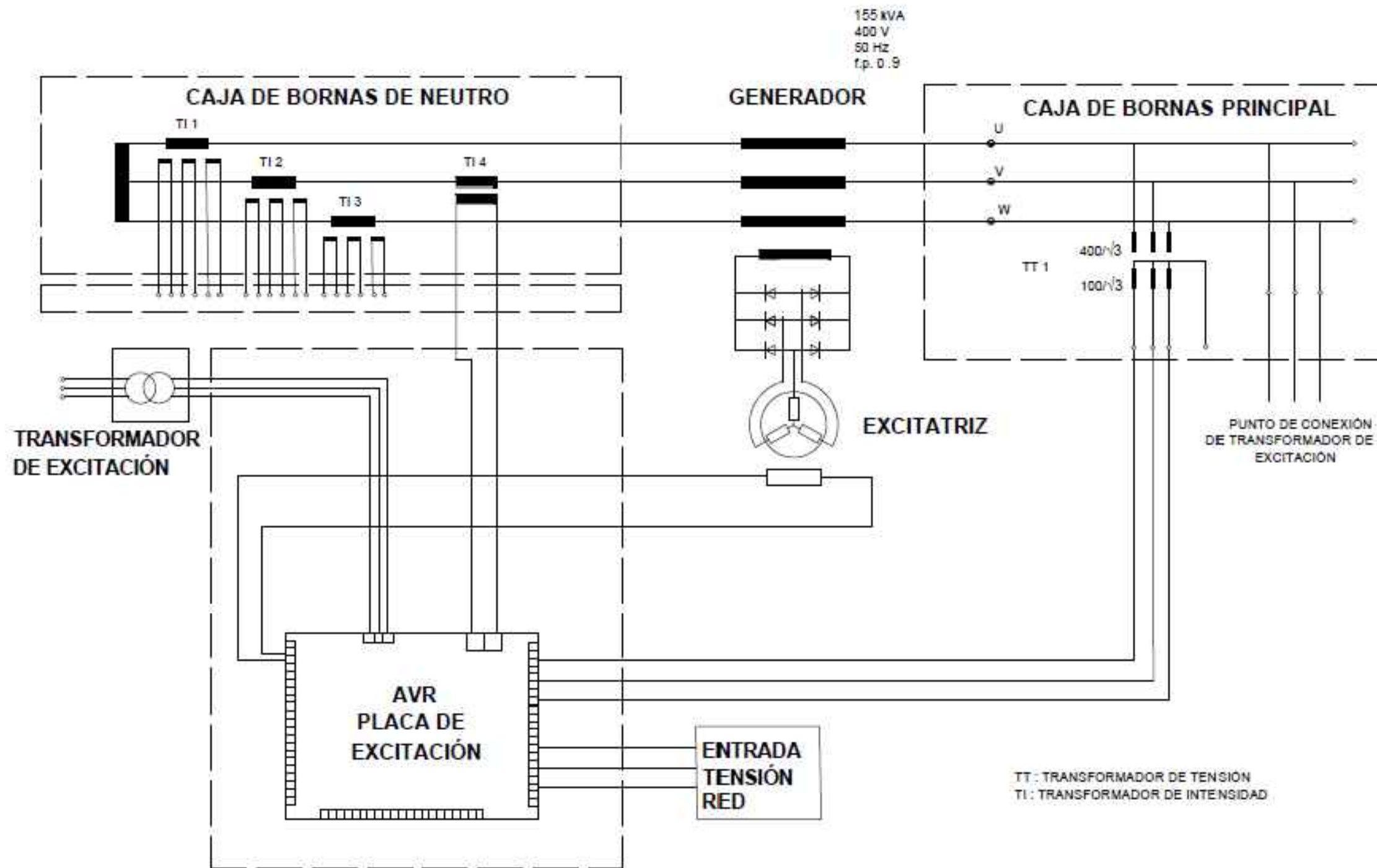
Dibujado: 3-09-2019	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones	
	Autor: Santos Zabala Izaguirre		
Escala: 1:1000	Edificio Central. Oeste		Nº de plano: 6



Dibujado: 30-06-2019	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones	
	Autor: Santos Zabala Izaguirre		
Escala: 1:100	Edificio Central. Oeste		Nº de plano: 7



Dibujado: 3-09-2019	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones
	Autor: Santos Zabala Izaguirre	
Escala: S/E	Esquema unifilar 1	
		Nº de plano: 8



Dibujado: 3-09-2019	Universidad de Cantabria	Escuela Técnica Superior de Ing. Industriales y de Telecomunicaciones
	Autor: Santos Zabala Izaguirre	
Escala: S/E	Esquema unifilar 2.2	Nº de plano: 10



· DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES ·



1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	178
1.1 NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO GENERAL	178
1.2 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA	178
1.3 DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS.....	179
1.4 OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA.....	181
1.4.1 Verificación de los documentos del proyecto	181
1.4.2 Plan de seguridad e higiene	181
1.4.4 Oficina en la obra.....	182
1.4.5 Representación del contratista	182
1.4.6 Presencia del contratista en la obra	183
1.4.7 Faltas del personal.....	183
1.4.8 Subcontratas	183
1.5 PRESCRIPCIONES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES ...	184
1.5.2 Inicio de la obra. ritmo de ejecución de los trabajos	184
1.5.3 Orden de los trabajos.....	184
1.5.4 Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor	185
1.5.5 Prórroga por causa de fuerza mayor	185
1.5.6 Trabajos defectuosos	185
1.5.7 Materiales no utilizables.....	186
1.5.8 Materiales y aparatos defectuosos	186
1.5.9 Limpieza de las obras.....	186
1.6 RECEPCIONES DE OBRA	187
1.6.1 De las recepciones provisionales	187
1.6.2 Documentación final de la obra	187
1.6.3 Plazo de garantía	188
1.7 CONDICIONES GENERALES DE INDOLE LEGAL.....	188
1.7.1 Contratistas	188
1.7.2 Contrato	188
1.7.3 Responsabilidad del contratista	189
1.7.4 Accidentes de trabajo	189
1.7.5 Daños a terceros	189
1.7.6 Copia de documentos	190
1.7.7 Hallazgos.....	190



<i>1.7.8 Suministros de materiales</i>	190
--	-----



1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.1 NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO GENERAL

Artículo 1

El presente Pliego General de Condiciones tiene carácter supletorio del Pliego de Condiciones Particulares del Proyecto.

Ambos, como parte del Proyecto, tienen por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que correspondan, según Contrato y con arreglo a la legislación aplicable, a la Propiedad, al Contratista sus técnicos y encargados, al Ingeniero, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

1.2 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA

Artículo 2

En el contrato están integrados los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

1. Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiese.
2. El Pliego de Condiciones Particulares.
3. El presente Pliego General de Condiciones.
4. El resto de la documentación de Proyecto (memoria, planos, mediciones y presupuesto).

En las obras que lo requieran, también formarán parte el Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo y el Programa de Control de Calidad, el Estudio de Impacto Ambiental, etc.

Las órdenes e instrucciones de la Dirección Facultativa de las obras se incorporan al Proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.



1.3 DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS

Artículo 3

Corresponde al Ingeniero Director:

- a) Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica, etc.
- b) Redactar las modificaciones, adiciones o rectificaciones del Proyecto que se precisen.
- c) Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones precisas para asegurar la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.
- d) Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones y las incidencias que estime convenientes.
- e) Coordinar, junto al Contratista el programa de desarrollo de la obra y el programa de control de calidad de la obra, con sujeción a la Normativa y a las especificaciones del Proyecto.
- f) Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos de su especialidad.
- g) Comprobar, antes de comenzar las obras, la adecuación de lo proyectado.
- h) Dar conformidad a las certificaciones parciales de obra y la liquidación final.
- i) Expedir el Certificado Final de Obra.
- j) Asesorar a la Propiedad durante el proceso de ejecución y especialmente en el acto de la recepción.
- k) Preparar con el Contratista, la documentación gráfica y escrita del proyecto definitivamente ejecutado.

Artículo 4

Corresponde al Ingeniero Técnico en el caso de colaborar con el Ingeniero en la ejecución de un Proyecto.

- a) Redactar el documento de estudio y análisis del Proyecto para elaborar los programas de organización y de desarrollo de la obra.
- b) Planificar, a la vista del Proyecto, del Contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.



c) Redactar, cuando se requiera, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de seguridad e higiene para la aplicación del mismo.

d) Redactar, cuando se requiera, del Programa de Control de Calidad, desarrollando lo especificado en el Proyecto de ejecución.

e) Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Ingeniero y del Contratista.

f) Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y medidas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.

g) Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Contratista, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda dando cuenta al Ingeniero.

h) Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación final de la obra.

i) Suscribir, en unión del Ingeniero, el certificado Final de Obra.

Normalmente, en proyectos donde la complejidad no es excesiva, no es necesaria la intervención de los dos Técnicos. El Ingeniero Técnico en su especialidad tiene competencias iguales a las del Ingeniero Superior.

Artículo 5

Corresponde al Contratista:

a) Organizar los trabajos de ejecución, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.

b) Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.

c) Suscribir con el Ingeniero, el acta de replanteo de la obra.

d) Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al Proyecto, a las normas técnica y a las reglas de la buena ejecución. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratistas.



e) Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Ingeniero, los suministros que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.

f) Custodiar los Libros de órdenes y seguimiento de la obra, así como los de Seguridad e Higiene en el trabajo y el del Control de Calidad, éstos si los hubiere, y dar el enterado a las anotaciones que en ellos se practiquen.

g) Facilitar al Ingeniero con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.

h) Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.

i) Suscribir con la Propiedad las actas de recepción provisional y definitiva.

j) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

1.4 OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA

1.4.1 Verificación de los documentos del proyecto

Artículo 6

Antes de dar comienzo a las obras el Contratista consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

1.4.2 Plan de seguridad e higiene

Artículo 7

El Contratista, a la vista del Proyecto de Ejecución conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad e Higiene, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación de la dirección facultativa.

1.4.3 Programa de control de calidad

Artículo 8

El Contratista tendrá a su disposición el Programa de Control de Calidad, si para la obra fuera necesario, en el que se especificarán las características y requisitos que deberán



cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios para la recepción de los materiales, según estén avalados o no por sellos marcas de calidad; ensayos, análisis y pruebas a realizar, determinación de lotes y otros parámetros definidos en el Programa por el Ingeniero de la Dirección facultativa.

1.4.4 Oficina en la obra

Artículo 9

El Contratista habilitará en la obra una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en la que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha oficina tendrá siempre el Contratista a disposición de la Dirección Facultativa:

1. El Proyecto de Ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el Ingeniero.
2. La Licencia de Obras o Autorización Administrativa.
3. El Libro de Órdenes y Asistencia.
4. El Plan de Seguridad e Higiene y su Libro de Incidencias, si hay para la obra.
5. El Programa de Control de Calidad y su Libro de registro, si hay para la obra.
6. El Reglamento y Ordenanza de Seguridad e Higiene en el trabajo.
7. La documentación de los seguros mencionados en el Artículo 5º.

1.4.5 Representación del contratista

Artículo 10

El Contratista viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones completan la contrata.

Serán sus funciones las del Contratista según se especifica en el Artículo 5º.

Cuando la importancia de la obra lo requiera y así se consigne en el Pliego de "Condiciones Particulares de índole facultativa", el Delegado del Contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.



El Pliego de Condiciones Particulares determinará el personal facultativo o especialista que el Contratista se obligue a mantener en la obra como mínimo, y el tiempo de dedicación comprometido.

El incumplimiento de esta obligación, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos facultará al Ingeniero para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

1.4.6 Presencia del contratista en la obra

Artículo 11

El Jefe de obra, por si o por medio de sus técnicos, o encargados estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Ingeniero, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

5. El Programa de Control de Calidad y su Libro de registro, si hay para la obra.
6. El Reglamento y Ordenanza de Seguridad e Higiene en el trabajo.
7. La documentación de los seguros mencionados en el Artículo 5ºj.

1.4.7 Faltas del personal

Artículo 12

El Ingeniero, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los operarios causantes de la perturbación.

1.4.8 Subcontratas

Artículo 13

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.



1.5 PRESCRIPCIONES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES

Artículo 14

El Contratista dispondrá por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra.

1.5.1 Replanteo

Artículo 15

El Contratista iniciará las obras con el replanteo de las mismas, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales.

Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Contratista someterá el replanteo a la aprobación del Ingeniero y una vez éste haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Ingeniero, siendo responsabilidad del Contratista la omisión de este trámite.

1.5.2 Inicio de la obra. ritmo de ejecución de los trabajos

Artículo 16

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que, dentro de los períodos parciales en aquél señalados, queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Ingeniero del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

1.5.3 Orden de los trabajos

Artículo 17

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.



1.5.4 Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Artículo 18

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Ingeniero en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

1.5.5 Prórroga por causa de fuerza mayor

Artículo 19

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Contratista, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminirlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Ingeniero. Para ello, el Contratista expondrá, en escrito dirigido al Ingeniero, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

1.5.6 Trabajos defectuosos

Artículo 20

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones generales y particulares de índole Técnica" del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la Obra, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo



contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Ingeniero de la obra, quien resolverá.

1.5.7 Materiales no utilizables

Artículo 21

El Contratista, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de desechos que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de esta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones Particulares vigente en la Obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Ingeniero, pero acordando previamente con el Contratista su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

1.5.8 Materiales y aparatos defectuosos

Artículo 21

Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este Pliego, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando la falta de prescripciones formales de aquél se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el Ingeniero, dará orden al Contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Si a los 15 días de recibir el Contratista orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, no ha sido cumplida, podrá hacerlo la Propiedad cargando los gastos a la contrata.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Ingeniero, se recibirán, pero con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el Contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

1.5.9 Limpieza de las obras

Artículo 22



Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

1.6 RECEPCIONES DE OBRA

1.6.1 De las recepciones provisionales

Artículo 23

Treinta días antes de dar fin a las obras, comunicará el Ingeniero a la Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir la fecha para el acto de la recepción provisional.

Esta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Contratista y del Ingeniero. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicando un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares, como partes que intervienen en la misma, y firmados por todos ellos.

Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección Facultativa extenderán el correspondiente Certificado de final de obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se darán al Contratista las oportunas instrucciones para remediar los derechos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el Contrato con pérdida de la fianza.

1.6.2 Documentación final de la obra

Artículo 24

El Ingeniero, asistido por el Contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactarán la documentación final de las obras, que se facilitará a la

Propiedad, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente.



1.6.3 Plazo de garantía

Artículo 25

El plazo de garantía deberá estipularse en el Pliego de Condiciones Particulares y en cualquier caso nunca deberá ser inferior a nueve meses.

1.7 CONDICIONES GENERALES DE INDOLE LEGAL

1.7.1 Contratistas

Artículo 26

Pueden ser contratistas de obras, los españoles y extranjeros que se hallan en posesión de sus derechos civiles con arreglo a las leyes, y las Sociedades y Compañías legalmente constituidas y reconocidas en España.

Quedan exceptuados:

1. Los que se hallen procesados criminalmente, si hubiese recaído contra ellos auto de prisión.
2. Los que estuviesen fallidos, con suspensión de pagos o con sus bienes intervenidos.
3. Los que estuviesen apremiados como deudores a los caudales públicos en concepto de segundos contribuyentes.
4. Los que en contratos anteriores con la Administración o Particulares hubieran faltado reconocidamente a sus compromisos.

1.7.2 Contrato

Artículo 27

La ejecución de las obras podrá contratarse por cualquiera de los sistemas siguientes:

1. Por tanto alzado: Comprenderá la ejecución de toda o parte de la obra, con sujeción estricta a los documentos del proyecto y en una cifra fija.
2. Por unidades de obra ejecutadas, asimismo, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas.
3. Por Administración directa o indirecta, con arreglo a los documentos del Proyecto y a las condiciones particulares que en cada caso se estipulen.



4. Por contratos, de mano de obra, siendo cuenta de la Propiedad el suministro de materiales y medios auxiliares, en condiciones idénticas a las anteriores.

En cualquier caso, en el "Pliego Particular de Condiciones Económicas" deberá especificarse si se admiten o no los subcontratos y los trabajos que pueden ser adjudicados directamente por el Ingeniero Director a Empresas especializadas.

1.7.3 Responsabilidad del contratista

Artículo 28

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

Como consecuencia de esto, vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que el Ingeniero-Director haya examinado y reconocido las obras, ni el que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales

1.7.4 Accidentes de trabajo

Artículo 29

En caso de accidentes ocurridos a los operarios, con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos en la legislación vigente, siendo en todo caso, único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la propiedad o la Dirección Técnica, por responsabilidades en cualquier aspecto. El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan, para evitar en lo posible accidentes a los operarios o a los viandantes.

En los accidentes y perjuicios de todo género que, por no cumplir el contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales. Será preceptivo que en el "tablón de anuncios" de la obra y durante todo su transcurso figure el presente artículo del Pliego de Condiciones Generales de índole legal.

1.7.5 Daños a terceros

Artículo 30



El Contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sobrevinieran donde se efectúen las obras, como en las contiguas. Será, por tanto, de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

1.7.6 Copia de documentos

Artículo 31

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de la memoria, planos, presupuestos y pliegos de condiciones, y demás documentos del Proyecto.

El Ingeniero, si el Contratista lo solicita, autorizará estas copias con su firma, una vez confrontadas.

1.7.7 Hallazgos

Artículo 32

El Propietario se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables, que se encuentren en las excavaciones practicadas en sus terrenos. El Contratista deberá emplear, para extraerlos, todas las precauciones que se le indiquen por el Ingeniero-Director.

El Propietario abonará al Contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen.

1.7.8 Suministros de materiales

Artículo 33

Obligatoria y minuciosamente se hará constar en los "Pliegos Particulares de Condiciones del Proyecto", la forma en que el Contratista viene obligado a suministrar los materiales y si el ritmo de la obra ha de ajustarse al de suministros oficiales o particulares, etc.

Muy especialmente se especificará la responsabilidad que pueda caber al Contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.



El presente Pliego General de Condiciones Legales, que consta de 15 artículos (del 81 al 95), es suscrito en prueba de conformidad por la Propiedad y el Contratista por cuadruplicado, uno para cada una de las partes, el tercero para el Ingeniero-Director y el cuarto para el expediente del Proyecto depositado en el Colegio Oficial de Ingenieros, al cual se conviene que hará fe de su contenido en caso de dudas o discrepancias. [2.d] [2.i]



· DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO ·



INDICE DEL PRESUPUESTO

1. ESTADO DE LAS MEDICIONES DEL PROYECTO	194
2. CUADRO DE COSTES	198
3. PRESUPUESTOS PARCIALES	202



1. ESTADO DE LAS MEDICIONES DEL PROYECTO

Código	Nat	Ud	Resumen	CanPres
01			CIRCUITO HIDRÁULICO	
CAP1	Capítulo		AZUD	1
1.1	Partida	m2	Limpieza hormigón	2.106,00
1.2	Partida	m3	Reparación daños en el hormigón	488,75
1.3	Partida	h	Retirada cantos rodados acumulados en el volumen de almacenamiento	8,00
1.4	Partida	m	Preparación parte superior azud para instalación azud neumático	32,00
1.5	Partida	m	Instalación azud neumático	45,00
1.6	Partida	m3	Reconstrucción encofrado azud zona paso de peces	80,00
				1
				1
CAP2	Capítulo		REJILLA, COMPUERTA Y VÁLVULA DE MARIPOSA	1
2.1	Partida	ud	Rejilla 3 x 4	1,00
2.2	Partida	ud	Rejilla diámetro 3 m	1,00
2.3	Partida	ud	Compuerta de seguridas 2 x 3	2,00
2.4	Partida	ud	Válvula de mariposa	2,00
2.5	Partida		Sistema actuación	2,00
				1
				1
CAP3	Capítulo		EDIFICIO	1
3.1	Partida	ud	Casa de máquinas y control	1,00
				1
				1
CAP4	Capítulo		TUBERÍA FORZADA	1
4.1	Partida	ud	Tubería forzada 1	1,00
4.2	Partida	ud	Tubería forzada 2	1,00



4.3	Partida	ud	Tubo de descarga	1,00
				1
				1
CAP5	Capítulo		CÁMARA DE CARGA	1
5.1	Partida	ud	Adecuación antigua cámara de carga	1,00
				1
				1
02			CIRCUITO ELECTROMECAÁNICO	
CAP6	Capítulo		TURBINA	1
6.1	Partida	ud	Turbina Michell-Banki	2,00
6.2	Partida	ud	Caja multiplicadora 282-750 rpm	2,00
				1
				1
CAP7	Capítulo		GENERACIÓN	1
7.1	Partida	ud	Generador síncrono autoexcitado sin escobillas de 300 kVA formado por 4 pares de polos, 750 rpm	1,00
7.2	Partida	ud	Generador síncrono autoexcitado sin escobillas de 155 kVA formado por 4 pares de polos, 750 rpm En la instalación del generador se incluye el cableado adecuado hasta el transformador	1,00
				1
				1
CAP8	Capítulo		BATERÍA DE CONDENSADORES	1
8.1	Partida	ud	Batería de condensadores para compensación de potencia reactiva de 45 kVAr	1,00
8.2	Partida	ud	Batería de condensadores para compensación de potencia reactiva de 35 kVAr En la instalación de la batería de condensadores se incluye el cableado adecuado	1,00
				1
				1
CAP9	Capítulo		SISTEMAS AUXILIARES	1
9.1	Partida	ud	Control auxiliar y tablero de control Instalados y funcionando con toda la información en los paneles actualizada.	1,00
9.2	Partida	ud	Válvula de agua	2,00



9.3	Partida	ud	Motor trifásico de 400 V Instalado y funcionando. Estabilización incluida.	1,00
9.4	Partida	ud	Freno generador Instalado y funcionando	2,00
9.5	Partida	ud	Extintores Revisados e instalados conforme a la normativa. Incluidas placas de señalización.	4,00
9.6	Partida	ud	Picas de cable descubierto de 50 mm2 de sección y 2 m de longitud	12,00
9.7	Partida	m	Conductor desnudo de 50 mm2 de sección Recibido en obra y enterrado medio metro	2,00

1

1

03	ACOPLAMIENTO		
CAP10	Capítulo	SUBESTACIÓN BAJA/ALTA TENSIÓN	1

10.1	Partida	ud	Caseta prefabricada Instalada y con las rejillas y puertas conectadas a la tierra de la instalación.	1,00
10.2	Partida	ud	Transformador seco encapsulado al vacío de 315kVA marca ABB 400/12kV Instalado y con todos los ensayos descritos en la memoria realizados.	1,00
10.3	Partida	ud	Celda de interruptor de potencia en baja tensión de la marca ABB Instalada y megada	1,00
10.4	Partida	ud	Celda tipo seccionador de baja tensión marca ABB Instalada y megada	1,00
10.5	Partida	ud	Celda de medida en alta tensión Instalada y megada	1,00
10.6	Partida	ud	Celda alta tensión interruptor de potencia – seccionador – seccionadora a tierra Siemens Instalada y megada	1,00
10.7	Partida	ud	Celda alta tensión de seccionador con seccionador a tierra y autoválvula Siemens Instalada y megada	1,00
10.8	Partida	ud	Relé Siprotec 7SJ63 de Siemens Instalado, programado con las protecciones necesarias y conectado a Ethernet.	2,00
10.9	Partida	ud	Unidad de Teledisparo Instalada y verificada en base a las condiciones marcadas por la compañía eléctrica.	1,00

1



				1
CAP11	Capítulo	LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN		1
11.1	Partida	m	Cable tripolar 3x35 DHV 12/20 kV con aislamiento EPR	150,00
11.2	Partida	m	Tubo de PVC de 160 mm de diámetro	120,00
11.3	Partida	m3	Excavación zanja	30,00
11.4	Partida	ud	Trabajos de acondicionamiento	1,00
				1
				1
CAP12	Capítulo	LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN		1
12.1	Partida	ud	Celda de línea modelo marcado por la compañía Viesgo	2,00
12.2	Partida	ud	Celda de transformador marcada por la compañía Viesgo	1,00
12.3	Partida	ud	Celda cliente marcada por la compañía Viesgo	1,00
				1
				1



2. CUADRO DE COSTES

Código	Nat	Ud	Resumen	Cantidad	Precio ud	Coste
01			CIRCUITO HIDRÁULICO			
CAP1	Capítulo		AZUD	1	51.051,07	51.051,07
				€		
1.1	Partida	m2	Limpieza canal	2.106,00	2,50	5.265,00
				€		
1.2	Partida	m2	Obra de la toma	55,00	52,00	2.860,00
				€		
1.3	Partida	m3	Reparación de la cámara	393,75	4,90	1.929,38
				€		
1.4	Partida	m3	Reparación del canal	2.106,00	4,75	10.003,50
				€		
1.5	Partida	h	Retirada cantos rodados acumulados en el volumen de almacenamiento	4,80	47,80	229,44
				€		
1.6	Partida	m	Preparación parte superior azud para instalación azud neumático	45,00	7,50	337,50
				€		
1.7	Partida	m	Instalación azud neumático	45,00	455,25	20.486,25
				€		
1.8	Partida	m	Instalación sist. de control azud neumático	1,00	3.960,00	3.960,00
				€		
1.9	Partida	m3	Reconstrucción encofrado azud zona paso de peces	80,00	3,10	248,00
				€		
1.10	Partida	m3	Sistema de control del caudal ecológico	1,00	5.980,00	5.980,00
				€		
				1	51.051,07	51.051,07
				€		
				1	51.051,07	51.051,07
				€		
CAP2	Capítulo		REJILLA, COMPUERTA Y VÁLVULA DE MARIPOSA	1	27.658,01	27.658,01
				€		
2.1	Partida	ud	Rejilla 3 x 4	1,00	2.678,01	2.678,01
				€		
2.2	Partida	ud	Rejilla diámetro 3 m	2,00	615,00	1.230,00
				€		
2.3	Partida	ud	Compuerta de seguridad 1,5 x 4	2,00	3.642,00	7.284,00
				€		
2.4	Partida	ud	Válvula de mariposa	2,00	5.593,00	11.186,00
				€		
2.5	Partida		Sistema actuación	2,00	2.640,00	5.280,00
				€		



				1	27.658,01	27.658,01
				€		
				1	78.709,08	78.709,08
				€		
CAP3	Capítulo	EDIFICIO		1	95.005,06	
				€		
3.1	Partida	ud	Casa de máquinas y control	1,00	95.005,06	95.005,06
				€		
				1	95.005,06	95.005,06
				€		
				1	173.714,14 €	173.714,14
CAP4	Capítulo	TUBERÍA FORZADA		1	5.636,00	5.636,00
				€		
4.1	Partida	ud	Tubería forzada 1	1,00	2.758,00	2.758,00
				€		
4.1	Partida	ud	Tubería forzada 2	1,00	1.878,00	1.878,00
				€		
4.2	Partida	ud	Tubo de descarga	1,00	1.000,00	1.000,00
				€		
				1	5.636,00	5.636,00
				€		
				1	179.350,14 €	179.350,14
CAP5	Capítulo	CÁMARA DE CARGA		1	7.574,00	7.574,00
				€		
5.1	Partida	ud	Adecuación antigua cámara de carga	1,00	7.574,00	7.574,00
				€		
				1	7.574,00	7.574,00
				€		
				1	186.924,14 €	186.924,14
02	CIRCUITO ELECTRO MECÁNICO					
CAP6	Capítulo	TURBINA		1	105.496,00 €	105.496,00
6.1	Partida	ud	Turbina Michell-Banki	2,00	38.474,00	76.948,00
				€		
6.2	Partida	ud	Caja multiplicadora 282-750 rpm	2,00	14.274,00	28.548,00
				€		
				1	105.496,00 €	105.496,00
				€		
				1	292.420,14 €	292.420,14
CAP7	Capítulo	GENERACIÓN		1	151.845,00 €	151.845,00
7.1	Partida	ud	Generador síncrono autoexcitado sin escobillas de 300 kVA formado por 4 pares de polos, 750 rpm	1,00	100.613,75 €	100.613,75
7.2	Partida	ud	Generador síncrono autoexcitado sin escobillas de 155 kVA formado por 4 pares de polos, 750 rpm	1,00	51.231,25	51.231,25
				€		



En la instalación del generador se incluye el cableado adecuado hasta el transformador

				1	151.845,00 €	151.845,00
				1	444.265,14 €	444.265,14
CAP8	Capítulo	BATERÍA DE CONDENSADORES		1	6.800,00 €	6.800,00
8.1	Partida	ud	Batería de condensadores para compensación de potencia reactiva de 45 kVAr	1,00	3.888,00 €	3.888,00
8.2	Partida	ud	Batería de condensadores para compensación de potencia reactiva de 35 kVAr	1,00	2.912,00 €	2.912,00
				En la instalación de la batería de condensadores se incluye el cableado adecuado		
				1	6.800,00 €	6.800,00
				1	451.065,14 €	451.065,14
CAP9	Capítulo	SISTEMAS AUXILIARES		1	5.369,66 €	5.369,66
9.1	Partida	ud	Control auxiliar y tablero de control	1,00	650,40 €	650,40
				Instalados y funcionando con toda la información en los paneles actualizada.		
9.2	Partida	ud	Válvula de agua	2,00	120,30 €	240,60
9.3	Partida	ud	Motor trifásico de 400V	2,00	350,90 €	701,80
				Instalado y funcionando. Estabilización incluida.		
9.4	Partida	ud	Freno generador	2,00	280,60 €	561,20
				Instalado y funcionando		
9.5	Partida	ud	Extintores	4,00	65,20 €	260,80
				Revisados e instalados conforme a la normativa. Incluidas placas de señalización.		
9.6	Partida	ud	Picas de cable descubierto de 50 mm2 de sección y 2 m de longitud	12,00	240,98 €	2.891,76
9.7	Partida	m	Conductor desnudo de 50 mm2 de sección	2,00	31,55 €	63,10
				Recibido en obra y enterrado medio metro		
				1	5.369,66 €	5.369,66
				1	456.434,80 €	456.434,80
03 ACOPLAMIENTO						
CAP10	Capítulo	SUBESTACIÓN BAJA/ALTA TENSIÓN		1	52.313,80 €	52.313,80
10.1	Partida	ud	Caseta prefabricada	1,00	7.750,00 €	7.750,00
				Instalada y con las rejillas y puertas conectadas a la tierra de la instalación.		



10.2	Partida	ud	Transformador seco encapsulado al vacío de 315kVA marca ABB 400/12kV Instalado y con todos los ensayos descritos en la memoria realizados.	1,00 €	13.448,00	13.448,00
10.3	Partida	ud	Celda de interruptor de potencia en baja tensión de la marca ABB Instalada y megada	1,00 €	2.220,40	2.220,40
10.4	Partida	ud	Celda tipo seccionador de baja tensión marca ABB Instalada y megada	1,00 €	2.840,30	2.840,30
10.5	Partida	ud	Celda de medida en alta tensión Siemens Instalada y megada	1,00 €	5.874,90	5.874,90
10.6	Partida	ud	Celda alta tensión interruptor de potencia – seccionador – seccionadora a tierra Siemens Instalada y megada	1,00 €	7.390,00	7.390,00
10.7	Partida	ud	Celda alta tensión de seccionador con seccionador a tierra y autoválvula Siemens Instalada y megada	1,00 €	6.663,20	6.663,20
10.8	Partida	ud	Relé Siprotec Siemens Instalado, programado con las protecciones necesarias y conectado a Ethernet.	2,00 €	2.140,00	4.280,00
10.9	Partida	ud	Unidad de Teledisparo Instalada y verificada en base a las condiciones marcadas por la compañía eléctrica.	1,00 €	1.847,00	1.847,00
				1 €	52.313,80	52.313,80
				1	508.748,60 €	508.748,60
CAP11	Capítulo	LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN		1 €	12.146,00	12.146,00
11.1	Partida	m	Cable tripolar 3x35 DHV 12/20 kV con aislamiento EPR	150,00 €	60,30	9.045,00
11.2	Partida	m	Tubo de PVC de 150 mm de diámetro	120,00 €	3,85	462,00
11.3	Partida	m3	Excavación zanja	30,00 €	46,30	1.389,00
11.4	Partida	ud	Trabajos de acondicionamiento	1,00 €	280,00	280,00
11.5	Partida	ud	Aislamientos enganche	1,00 €	1.250,00	1.250,00
				1 €	12.146,00	12.146,00
				1	520.894,60 €	520.894,60
CAP12	Capítulo	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN VIESGO		1 €	13.716,30	13.716,30
12.1	Partida	ud	Celda de línea modelo marcado por la compañía Viesgo	2,00 €	1.768,00	3.536,00



12.2	Partida	ud	Celda de transformador marcada por la compañía Viesgo	1,00	2.380,00	2.380,00
				€		
12.3	Partida	ud	Celda cliente marcada por la compañía Viesgo	1,00	7.800,30	7.800,30
				€		
				1	13.716,30	13.716,30
				€		
				1	534.610,90 €	534.610,90
CAP13	Capítulo		ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	0	1.334,94	1.334,94
				€		
					1.334,94	1.334,94
				€		
					535.945,84 €	535.945,84

3. PRESUPUESTOS PARCIALES

01	CIRCUITO HIDRÁULICO	186.924,14 €
1	AZUD	51.051,07 €
2	REJILLA, COMPUERTAS Y VÁLVULAS DE MARIPOSAS	27.658,01 €
3	EDIFICIO	95.005,06 €
4	TUBERÍAS FORZADAS	5.636,00 €
5	CÁMARA DE CARGA	7.574,00 €
02	CIRCUITO ELECTRO MECÁNICO	269.510,66 €
6	TURBINAS Y CAJAS MULTIPLICADORAS	105.496,00 €
7	GENERACIÓN	151.845,00 €
8	BATERÍA DE CONDENSADORES	6.800,00 €
9	SISTEMAS AUXILIARES	5.369,66 €
03	ACOPLAMIENTO	78.176,10 €
10	SUBESTACIÓN BAJA/ALTA TENSIÓN	52.313,80 €
11	LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN	12.146,00 €
12	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN VIESGO	13.716,30 €
04	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	1.334,94 €

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	533.276,06 €
---------------------------------	---------------------

13% GASTOS GENERALES	69.325,89 €
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	31.996,56 €
BASE	634.598,51 €
21 % IVA	133.265,69 €

TOTAL PRESUPUESTO PARA LICITACIÓN	767.864,20 €
--	---------------------



Estudio de viabilidad y Proyecto Ejecución	1.334,94 €
IVA del proyecto	4.891,00 €
Dirección de obra	19.586,00 €
IVA de la Dirección de obra	4.113,00 €
Licencias y Tasas municipales 6%	14.626,00 €
Visados y permisos 10%	4.288,00 €

PRESUPUESTO TOTAL OBRA SIN IVA	699.593,00 €
PRESUPUESTO TOTAL PARA EL CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	816.703,14 €

*El presupuesto para conocimiento de la administración asciende a **ochocientos cuarenta y dos mil quinientos un euros con setenta y cinco céntimos***

8 de Septiembre de 2019

Santos Zabala Izaguirre



BIBLIOGRAFIA

- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) – Manual de minicentrales hidroeléctricas. Madrid: Cinco Días. (Manuales de Energías Renovables; 1).
- Miguel Ángel Rodríguez Pozueta – Universidad de Cantabria.
- Fraile Mora, J – Máquinas eléctricas. Madrid: Ibergarceta Publicaciones, S.L.
- European Small Hydropower Association (ESHA) - Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica.
- F.J. Sanz-Ronda; F.J. Bravo-Córdoba; J.F. Fuentes-Pérez; J. Ruiz- Legazpi; A. García-Vega; V. Salgado-González; J. Valbuena; N. González-Ramos & A. Martínez de Azagra – Sistemas de adaptación de pasos de agua a la migración de los peces.
- Rehabilitación de una antigua minicentral hidroeléctrica en el río Saja. Alberto Hoyos Alcalde. Universidad de Cantabria
- Estudio de una minicentral hidroeléctrica en la provincia de Cantabria, Dispuesta en el municipio de Valdeprado del Río.

Páginas web:

- <http://www.idae.es> , IDAE (Instituto para la diversificación y ahorro de la energía)
- <http://www.omie.es> , OMIE (Operador del Mercado Ibérico de Energía)
- <http://www.gea-ecohidraulica.org> , GEA (Grupo de Ecohidráulica Aplicada)
- <http://www.chebro.es/> , Confederación Hidrológica del Ebro

Ilustraciones

Fuente [2.1] : <https://www.worldenergy.org/data/resources/region/europe/hydropower/>

Último acceso: agosto 2019

Fuente[2.2]:

https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/InformesSistemaElctrico/2019/Avance_ISE_2018.pdf

Último acceso: agosto 2019

Fuente [2.3]:

<https://www.google.es/maps/dir/42.9869447,-4.1324937/Diseminado+Bustasur,+18,+39417,+Cantabria/@42.9628302,-4.0922278,8777m/data=!3m1!1e3!4m9!4m8!1m0!1m5!1m1!1s0xd48c2c4459f24af:0xc873550bb7b980f0!2m2!1d-4.04226!2d42.93549!3e0>



Último acceso: junio 2019

Fuente [2.4]:

<https://www.google.es/maps/@42.9593782,-4.058715,3a,75y,96.11h,79.38t/am=t/data=!3m6!1e1!3m4!1sFsL4L4yYqbg7UwPGp9asdA!2e0!7i13312!8i6656>

Último acceso: junio 2019

Fuente [2.5]:

<https://es.slideshare.net/juanmanuelholguinquispe/introduccion-a-la-ingenieria-de-presas-mej>

Último acceso: junio 2019

Fuente [2.6]:

https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_2.1.7_Minicentrales_hidroelectricas_125f6cd9.pdf

Último acceso: junio 2019

Fuente [2.7]:

<http://www.obermeyerhydro.com/>

Último acceso: junio 2019

Fuente [2.8]:

https://www.google.com/search?q=escala+de+peces+natural&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjen6vj49niAhUHfBoKHe3PAiYQ_AUIECgB&biw=1517&bih=717#imgdii=M3KNOwD8PRGCpM:&imgsrc=FoBQFDn03V-jPM:

Último acceso: junio 2019

Fuente [2.9]: estudio sobre prefactibilidad en la instalación de micro central hidro-electrica en "Lutti" provincia de Córdoba. Autor: Andrés Alejandro Leal

Último acceso: junio 2019

Fuente

[2.10]:

https://www.google.com/search?q=turbina+ossberger++banki++michell&tbn=isch&tbs=rim:g:CRZSnhrmfyl3ljhq0WwY9TPym2PTVFNZ9AY7oS-pl-B6M0s1mLSolDj9pvwuxTiTvbsO2C85gpPr8FJmh-nW5vB4ioSCWrrBbJ1M_1KbEd1CAXIIQveVKhIJY9NUVU1n0BgR4_1cga359lhggEgnuhL6mX4HozREOC24xLcXp7ioSCSzWaVKgsOP2EYJBam6_1UCCZKhIJm_1C7FOJO9uwRzg_1McBGDGA0qEqk7YLzmCk-vwRFMjJCLdt3LjCoSCUmaH6dbm8HiEZDi_1yGUTNIa&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwiDzaGS79niAhXNxoUKHfpFAsMQ9C96BAgBEBs&biw=1517&bih=772&dpr=0.9#imgsrc=atFsGPUz8psAYM:

Último acceso: junio 2019

Fuente [2.11]:



<https://www.google.com/search?sa=X&q=tabla+velocidades+especificas+tipos+de+turbinas&tbm=isch&source=lnms&ved=2ahUKEwiDqsXCgtriAhXEzoUKHbXHB9gQsAR6BAqGEAE&biw=1517&bih=772#imgsrc=-Q21uNhAteUgEM:>

Último acceso: junio 2019

Fuente [2.12]:

<https://luisalderonf.files.wordpress.com/2012/01/turbina-m-banki.pdf>

Último acceso: junio 2019

Fuente [2.13]:

<http://skat.ch/wp-content/uploads/2017/03/03-T12-Manual.pdf>

Último acceso: junio 2019

Fuente [2.14]

<http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0278.pdf>

Último acceso: junio 2019

Fuente[2.15]:

<https://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/Maquina%20sincrona%20aislada.pdf>

Ultimo acceso agosto 2019

FUENTE [2.16]

https://www.google.com/search?q=generador+sincrono+de+polos+salientes&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiYqMiY49ziAhVPzhoKHe6hCC8Q_AUIESqC&biw=1366&bih=695#imgsrc=2UrFVe-MO73JLM:

Último acceso: junio 2019

Fuente [2.17]:

[Máquinas síncronas. Autor: Miguel Ángel Rodríguez Pozueta. Universidad de Cantabria](#)

Ultimo acceso septiembre 2019



Referencias

- **Fuente [2.a]:** Manuales de energía renovables. Minicentrales hidroeléctricas. Instituto para Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA).

https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_2.1.7_Minicentrales_hidroelectricas_125f6cd9.pdf

Último acceso: agosto 2019

- **Fuente [2.b]:** Hispagua, Sistema español de información sobre el agua.

<http://hispagua.cedex.es/datos/hidrografia>

Último acceso: agosto 2019

- **Fuente [2.c]:** Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica. European Small Hydropower Association (ESHA) 2006.

Ultimo acceso julio 2019

- **Fuente [2.d]:** Proyecto de rehabilitación de una antigua minicentral hidroeléctrica en el río Saja. 2017

Autor: Alberto Hoyos Alcalde

Ultimo acceso septiembre 2019

- **Fuente [2.f]:** Obermeyer Hydro, INC. Empresa líder a nivel mundial en energía hidráulica y sistemas de control.

<http://www.obermeyerhydro.com>

Ultimo acceso: julio 2019

- **Fuente [2.g]:** Ossberger Hydro. Funcionamiento y descripción de turbina crussflow (Micheel-Banki)

<http://www.ossbergerhydro.com/cross-flow-turbines.html>



Ultimo acceso septiembre 2019

- **Fuente [2.h]:** Máquinas síncronas. Definición y de la maquina

Auto: Miguen Angel Rodríguez Pozueta

Septiembre 2019

- **Fuente [2.i]:** Central hidroeléctrica de Rasines.

Autor: Javier Fernández Fernández

Ultimo acceso julio 2017

- **Fuente [2.j]:** Estudio de una central hidroeléctrica en la provincia de Cantabria, dispuesta en el municipio de Valdeprado del rio.

Autor: Haydée Quevedo Calderón

Ultimo acceso septiembre 2015

- **Fuente [2.k]:** Implantación de una minicentral hidroeléctrica en la ferrería de la Pendía (Cantabria). 2007

Autor: Adela Sobaler Díez

Ultimo acceso febrero 2019

- **Fuente [2.l]:** Instalación de una minicentral hidroeléctrica en Guiamets.

Autor: Néstor Cirac Romero

Ultimo acceso abril 2015

- **Fuente [2.m]:** Boletín Oficial del Estado (BOE): Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

[614 https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-22](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-22)

Ultimo acceso: ulio 2015



- **Fuente [2.n]:** Manual de diseño estandarización y fabricación de equipos para centrales hidroeléctricas. Volumen I. Michell-Banki

Ultimo acceso julio 2019

- **Fuente [2.o]:** Máquinas eléctricas transformadores, parte II.

Autor: Jorge Patricio Muñoz Vizhñay

Ultimo acceso septiembre 2019

- **Fuente [2.p]:** Descripción del entorno e historio del emplazamiento de la ferrería.

<http://www.aytolasrozasdevaldearroyo.es/el-municipio/tablon-de-anuncios/bustasur>

Ultimo Acceso diciembre 2018

- **Fuente [2.q]:** Ferrería de Cades. Centro de interpretación de un proyecto muy similar de la rehabilitación de una antigua ferrería.

<https://ferreriadecades.es/>

Ultimo acceso diciembre 2018

- **Fuente [2.r]:** Clasificación de las potencias europeas en cuestión de producción de energía hidroeléctrica.

<https://www.worldenergy.org/data/resources/region/europe/hydropower>

Ultimo acceso julio 2019